TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA, DOS ALUNOS DO I.S.T.

89

JANEIRO

1938

"LUSALITE"

INCOMBUSTÍVEL
LEVE
RESISTENTE
ISOLADOR
IMPUTRESCÍVEL

fibro-cimento nacional

EM

Tubos para pressões hidráulicas de 3 a 12 K.os/cm.2
Chapas onduladas para coberturas
Chapas lisas para revestimento de tetos, tabiques, etc.
Produtos da Sociedade Portuguesa de Fibro-cimento

ÚNICOS CONCESSIONÁRIOS:

CORPORAÇÃO MERCANTIL PORTUGUESA, L.DA

Rua de S. Nicolau, 123

Telefones: 2 3948 — 2 8941 — **LISBOA** — Telegramas: Lusalite

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de tôdas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia "CIMENTO TEJO"

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

NÚMERO
89
Janeiro - 1938

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N./ TEL. 49144 (linha 50)

DIRECTOR
LUÍS GUIMARÃIS LOBATO
ADMINISTRADOR
F. BURNAY DE MENDONÇA
BIBLIOTECÁRIO
PEDRO ARSÉNIO NUNES
CORPO REDACTORIAL
JOSÉ M. P. ATHAYDE
JOSÉ MANUEL FIGUEIRA
ISABEL GAGO

NÚMERO AVULSO..... 5$00

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	12$00	23$00	44$00
Colónias Portuguesas e Espanha...	—	30$00	55$00
Estrangeiro...	—	40$00	70$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ALUNOS DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
TELEFONE 2 7784 // LISBOA

SUMÁRIO

		Págs.
O Professor Charles Lepierre	Eng.º A. Herculano de Carvalho	375
A construção da ponte sôbre o Tejo em frente de Lisboa	Eng.º Civil Afonso Zuzarte de Mendonça	379
Viga de comprimento finito assente sôbre terreno elástico	Eng.º G. Magnel	382
O Porto de Lisboa e as suas obras	Eng.º A. de M. Cid Perestrelo	407
Do Mundo Técnico		416
Notas Bibliográficas		417
Publicações recebidas		418

PERMITIDAS AS TRANSCRIÇÕES QUE INDIQUEM:
"TECNICA,,
REVISTA DE ENGENHARIA, DOS ALUNOS DO I. S. T.

Engenheiro Civil I. S. T.

Ricardo E. Teixeira Duarte

Captagens de água subterrânea
Sondagens e Poços artezianos
Fundações em terrenos aquíferos

RUA AUGUSTA, 280, 4.º (ELEVADOR)

Telefone 2 3962

LISBOA

EMULSÕES
de asfalto para estradas

Todos os tipos e percentagens

TELEFONE 2 0879
Telegramas: Epalda — LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM

Barricas de 180 kilos

Sacos de juta de 50 kilos

Sacos de papel de 50 kilos

Sede: Rua do Caes de Santarem, 64, 1.º — LISBOA
Filial do Norte: Rua Formosa, 297, 1.º — PORTO

AGÊNCIAS EM TODO O PAÍS

TAM-TEX

A tinta impremeabilizadora empregada nas importantes obras do Estado e particulares; como:

ÚNICOS IMPORTADORES

AGUIAR & MELO, L.DA

P. do Municipio, 13, Loja

L I S B O A

Arsenal do Alfeite
Colégio de St.ª Dorotea (Lisboa)
Créche Júlia Moreira (Lisboa)
Escola do Bairro Social do Arco do Cego
Escola Naval no Alfeite
Hospital Curry Cabral
Hospital de St.º António dos Capuchos
Instituto Nacional de Estatística
Liceu Fialho d'Almeida (Beja)
Liceu Júlio Henriques (Coimbra)
Liceu Latino Coelho (Lamego)
Maternidade Júlio Diniz (Pôrto)
Novo Manicómio de Lisboa
Palácio Nacional de Belem
Etc., Etc.

Granulados de mármores
para exportação e para o país

Mosaicos de granulados de mármore

OS MAIS BONITOS
OS MAIS RESISTENTES
OS MAIS VANTAJOSOS

Soc. Portuguesa CADAN

Rua D. Estefania, 42

Telefone 47812 *Lisboa*

SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada
(REGISTADO)

SERRALHARIAS,
CALDEIRARIA,
FERRARIA,
FUNDIÇÕES

ESCRITÓRIO

Rua de S. Tiago, 13

LISBOA

Telefone 26572

União Eléctrica Portugueza, S. A.

SEDE SOCIAL

Rua Duque de Loulé, 240 — PORTO

CAPITAL { Acções..... 40:000 contos
Obrigações 30:500 contos

ELECTRICIDADE DO LINDOSO

FORÇA { Hidráulica..... 40:000 HP
Térmica ..... 20:000 HP

Potência já contratada 20:000 HP
Potência disponível... 22:000 HP

Extensão total das linhas em exploração: 1:000 quilómetros

A **U. E. P.** tem as melhores tarifas e concede as maiores facilidades para electrificação de fábricas e para abastecimento de rêdes de distribuïção nos Distritos de: **Viana do Castelo, Braga, Pôrto, Aveiro, Coimbra, Vizeu e Leiria.**

Consultai a U. E. P.

CIMENTO

SECIL

Experimentem a nova embalagem em sacos de papel, absolutamente segura, impermeável e sem devolução

Delegação em Lisboa: R. DO COMERCIO, 56, 3.º

Endereço telegráfico: SECIL-Lisboa
TELEFONES: 2 8201, 2 8202 e 6 1852

FÁBRICA EM OUTÃO (SETÚBAL)

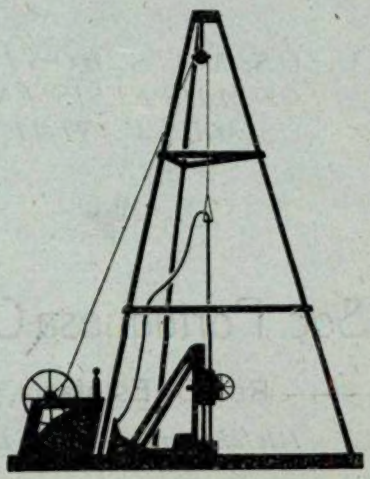
Azeitão 404 Setúbal 283

Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas
Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico
Consolidação e impermeabilisação de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo
Rebocos comprimidos por «cement gun»
Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da agua friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no paiz e no estrangeiro



Engenheiro delegado para Portugal

Walter Weyermann

P. do Município, 32-2.º--LISBOA Tel. 2 8685

TÉCNICA

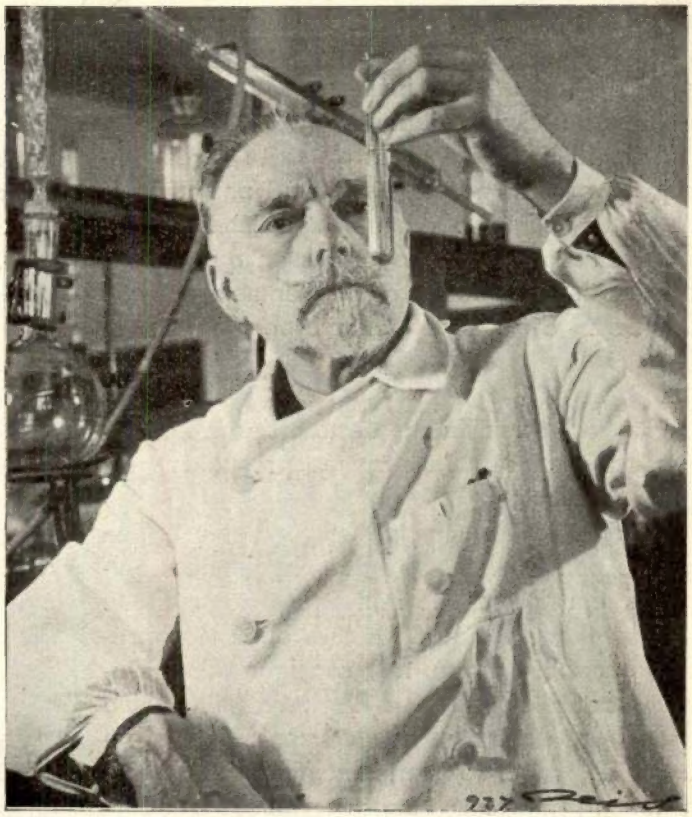
LUIZ DE GUIMARÃES LOBATO
DIRECTOR

ANO XIII - N.º 89 JANEIRO DE 1938

O Professor Charles Lepierre

PELO ENG.º A. HERCULANO DE CARVALHO
Prof. do I. S. T.

Na ocasião em que o professor Lepierre deixa o I. S. T., associamo-nos às merecidas palavras de homenágem rendidas pelo professor Herculano de Carvalho ao Mestre a quem a «Técnica» mereceu sempre atenção e carinho, e a quem fica devendo uma colaboração notável e constante o que muito contribuiu para a valorizar no meio técnico.



EM 12 de novembro do corrente ano completou 70 anos o prof. Ch. Lepierre, segundo uma certidão de idade, onde se diz que o referido professor nasceu em Paris, no dia 12 de novembro de 1867.

O facto é confirmado pelo próprio, o que nos faz render à evidência. De contrário, nenhuma das pessoas que priva com o prof. Lepierre o acreditaria; aparência física, frescura de espírito, aptidão para o trabalho — tudo se conjuga para lhe atribuir uns bons dez anos a menos...

O certo é que, segundo a lei, o prof. Lepierre atingiu o limite de idade e o ensino oficial da química em Portugal perdeu, infelizmente, um dos seus elementos mais notáveis. Digo ensino «oficial» porque o prof. Lepierre continuará a ensinar química aos que com êle trabalham e a dar-nos o exemplo duma admirável actividade de investigador.

À-parte o seu afastamento do corpo docente do I. S. T. — bem doloroso para colegas e alunos — êste 70.º aniversário constitui apenas um incidente que não interromperá o ritmo duma vida de trabalhador incansável, inteiramente dedicada à ciência química.

O incidente teve porém o mérito de dar ensejo ao govêrno português de praticar um nobre acto de justiça: o decreto n.º 28.202 concede uma pensão vitalícia ao professor que, sendo estrangeiro, deu ao nosso país tantas provas de dedicação e o serviu como se português fôra.

*
* *

Não cabe nos limites dêste artigo a enumeração minuciosa dos serviços prestados pelo prof. Lepierre.

Mas quero destacar, de entre todos, o que diz respeito à formação dos engenheiros químicos em Portugal. Sem injustiça se pode afirmar que a êle se deve essa obra e o próprio decreto o afirma nos considerandos. Durante mais de 20 anos Lepierre foi o único professor de química da especialidade no I. S. T., regendo simultâneamente: química analítica (3 partes), química tecnológica (3 partes), química orgânica, para não falar noutras regências acidentais.

Mas será possível a um professor reger bem 7 cadeiras? Que o foi, atestam-no o depoimento dos seus discípulos, hoje engenheiros ou professores.

E não se julgue que a sua acção se limitava à exposição nas aulas teóricas; ali o tínhamos no laboratório, constantemente a nosso lado, aconselhando, corrigindo, orientando. A melhor prova de êxito de tão grande esfôrço está na maneira como os seus ex-discípulos se comportaram na indústria onde, muitos dêles, ocupam hoje lugares de destaque.

*
* *

Como mestre, o prof. Lepierre possui em alto grau duas qualidades fundamentais: grande clareza de exposição e o dom de transmitir o que sabe.

Os factos da química — mesmo aqueles cuja aquisição para o conhecimento exige apenas um esfôrço de memória por vezes penoso — aparecem-nos, através das suas prelecções, «vivos», com o relêvo e nitidez suficientes para fàcilmente se assimilarem.

As qualidades do homem completam as do mestre: grangeou em cada discípulo um amigo e nunca o vimos recusar um esclarecimento ou estranhar a interpelação do aluno em plena aula. A expôr dir-se-há que tem a preocupação de desfazer a dificuldade de certos assuntos; tudo nos aparece simples e atraente, de tal maneira êle sabe concretizar e apresentar pelo lado prático, imediatamente útil, as leis e princípios da Química.

Comunicou-nos o horror ao «magister dixit» e soube encontrar uma nova fórmula para as relações entre professor e alunos. O ambiente do laboratório do prof. Lepierre, no Técnico, é um exemplo bem interessante, digno de ser seguido.

*
* *

A fama de analista que, justamente, Ch. Lepierre conquistou entre nós, não provém só da sua excelência como experimentador. Deriva ainda dum são critério na apreciação dos factos, duma noção exacta das realidades industriais

e, em geral, da sua vasta cultura química. Algumas pessoas que conheçam o nome de Lepierre só pelos rótulos das garrafas de águas minerais e não saibam avaliar a soma de trabalho meticuloso e de conhecimentos que se escondem atrás da modéstia dos números que lá vêm indicados, podem fazer ideia errada àcêrca daquêle ponto. Nós, os que fomos seus discípulos, conhecemos bem a questão: a cultura química do prof. Lepierre é vasta, sólida e profunda. A sua formação, feita na «École de Physique et de Chimie», de Paris, onde teve por condiscípulos ou contemporâneos homens como Langevin, Urbain, Georges Claude, etc., foi excelente, tanto sob o ponto de vista teórico como prático. Depois, pela vida fóra, foi-lhe necessário estender e aprofundar mais os seus conhecimentos. Mantém, desde há cêrca de 50 anos, um contacto *diário* com o laboratório. Nunca o assustou um trabalho longo e difícil, dando-se por satisfeito quando, depois de longos meses de esfôrço paciente, obtém uma contribuïção útil para a ciência ou para a indústria.

*
* *

A vinda de Lepierre para Portugal teve lugar em 1888; trouxe-o José Júlio Rodrigues por indicações de R. Duarte Silva.

Começou por ser preparador do antigo Instituto Industrial e Comercial de Lisboa (1888-1889) e chefe de trabalhos de química da 6.ª cadeira da Politécnica. Em 1889 foi para Coimbra pela mão de Emídio Navarro como professor da Escola «Brotero», onde se conservou até 1911. Acumulou estas funções com as de preparador, chefe de trabalhos e finalmente assistente de Microbiologia da Faculdade de Medicina. O que foi a sua acção no respectivo laboratório dizem-nos os trabalhos valiosos que êle e seus colaboradores (quási todos discípulos por êle formados) levaram a efeito nessa época. As suas qualidades de animador de investigação deram ao laboratório de Microbiologia da Universidade de Coimbra uma vida científica intensa.

Simultâneamente (1905-11) dirigiu os Serviços Municipalizados da Cidade, servindo sob as presidências de A. A. Gonçalves, Marnôco e Sousa e Sidónio Pais. Também aqui o seu labor foi profícuo e os bons conimbricenses não o esquecem.

Em 1911 o Dr. Alfredo Bensaúde, espírito cultíssimo e grande inovador, que organizara então o I. S. T., trouxe-o para Lisboa, contratando-o para professor da especialidade de química, lugar que desempenhou durante 26 anos. Além disso foi professor do Instituto de Hidrologia desde 1919 e presidente do mesmo a partir de 1933.

Tem feito parte de várias comissões e conselhos e representou Portugal em numerosos congressos onde nunca foi, que eu saiba, sem levar trabalhos originais.

É sócio correspondente da Academia das Ciências de Lisboa e, por várias vezes, os governos português e francês o distinguiram com condecorações.

Da sua produção científica existem já para cima duma centena de memórias, trabalhos diversos, artigos em revistas, inúmeras análises de águas minerais e duas monografias preciosas: *Cerâmica Portuguêsa Moderna* (2 edições) e *A indústria do sal em Portugal*, que é hoje a obra mais completa e actualizada que possuímos sôbre o assunto.

Presentemente ocupa-se de questões relacionadas com as conservas de peixe e, êste ano, apresentou lá fóra duas notas que interessam não só à técnica mas ainda à economia da nossa indústria conserveira.

Sob êste ponto de vista — economia da indústria nacional — quer pela sua actividade como professor e analista, quer ainda e principalmente pelas suas aturadas investigações orientadas geralmente para os problemas de ordem prática, é deveras notável a sua acção no nosso meio.

*
* *

Ao contrário do que muitas vezes sucede, o prof. Lepierre nunca deixou «cristalizar» o seu ensino. Todos os anos completava os apontamentos em citações de novos processos ou factos.

Conheci-o sempre a par da última novidade. No campo da química analítica, em que mais se especializou, não é fácil surpreendê-lo com a citação dum método «up-to-date» ou duma reacção nova. Mas também não sofre do delírio da novidade e é incapaz de aconselhar um método pouco conhecido cujo valor êle próprio não tenha confirmado.

Sempre insistiu com os discípulos para que

consultassem de preferência as «fontes», ou as memórias originais ou os clássicos. Na verdade quantas citações erradas, quanta doutrina mal compreendida se encontra na literatura científica das revistas! Antes de mais nada há que escolher o trigo do joio e pôr de parte a ideia primária do «ceci tuera cela». Aparecem por vezes métodos modernos de análise que realmente são de molde a substituir inteiramente os antigos; mas raramente isto se verifica.

A maior parte das vezes a excelência dum método analítico novo é verificado pelos autores a partir dum número limitado de experiências e num âmbito restrito de condições do meio. Daqui até afirmar que os métodos antigos devem pôr-se de parte vai um abismo.

A verdade é que em Análise existem geralmente, para uma dada determinação, vários métodos que se equivalem. A escolha entre êles é muitas vezes uma questão de simpatia, outras vezes uma questão de... moda. Até em ciência é lícito seguir a moda, mas será infantilidade o desdenhar dos bons «trajes» clássicos que tanto serviço ainda nos prestam E é curioso verificar que são precisamente êsses métodos consagrados que se utilizam para avaliar da eficiência dos modernos...

*
* *

O curso de química analítica do prof. Lepierre daria um magnifico tratado. Apontarei algumas características interessantes.

— Os elementos chamados «raros» são estudados como os outros.

Ora verifica-se que o epíteto «raro» neste caso nem sempre corresponde à realidade. O analista português tem correntemente de se ocupar de minérios contendo volfrâmio, urânio, titânio, berílio; os sais de tório, cério, ítrio, empregam-se hoje em análise. Quem tiver estudado com o prof. Lepierre não terá dificuldade em lidar com tais substâncias cujas reacções não são realmente mais complicadas que as dos elementos vulgares.

— Estão hoje muito em voga os reagentes orgânicos, empregados em reacções «de gotas» ou de «toque», as quais permitem atingir grande sensibilidade. Feigl teve o mérito de sistematizar o seu emprêgo.

Mas já há muito tempo nós conheciamos e praticávamos no laboratório do Técnico ensaios dêsse género: as reacções de Deniges, Vitatli, Cazeneuve, Tschugaeff, Griess, Lajoux, etc., etc. Pode dizer-se que na análise qualitativa não há elemento importante para o qual não venha indicada nos nossos apontamentos uma dessas reacções, pelo menos.

— Outra inovação útil é a citação, também para grande número de elementos, duma reacção «microquímica» de alta sensibilidade e executável com pequeníssimas quantidades de substância. Conhecendo a fundo a técnica microscópica, o prof. Lepierre ensinou os seus alunos a utilizar correntemente o microscópio que é, ainda hoje, um instrumento indispensável em qualquer laboratório. As reacções de Behrens, citadas por Lepierre no seu curso, são pouco conhecidas entre nós mas prestam muitas vezes grandes serviços; se as de Feigl são de execução mais acessível, por dispensarem o microscópio, teem em contrapartida o inconveniente de exigirem reagentes caros, cujas soluções se alteram fàcilmente. Num grande número de casos as primeiras possuem mesmo uma especifidade maior.

— Na parte «quantitativa» são indicados processos de análise suficientemente experimentados e citam-se de preferência as análises de materiais que mais interêsse apresentam para a indústria portuguêsa.

Além de tudo, o curso de análise química de Lepierre é um guia precioso para o analista. Seria para desejar que agora, com mais tempo disponível, o seu autor se dispuzesse a imprimi-lo. Aqui fica o requerimento...

*
* *

Que o prof. Lepierre me perdôe não lhe ter poupado a modéstia entrando em apreciações objectivas das suas qualidades. Mas não querendo afastar-me do bom sistema, limitei-me a apresentar «factos experimentais». Os observadores são, de resto, numerosos e o seu depoimento confirmaria as minhas conclusões.

Se eu convidasse os antigos discípulos de Lepierre a assinarem êste artigo (desde o momento que pessoalmente tomasse a responsabilidade do desenxabido da sintaxe), as páginas da «Técnica» talvez não chegassem para as assinaturas...

Lisboa, 3 de Dezembro de 1937.

A CONSTRUÇÃO DA PONTE SÔBRE O TEJO EM FRENTE DE LISBOA

PELO ENG. CIVIL AFONSO ZUZARTE DE MENDONÇA

Os progressos ùltimamente realizados na América no que respeita à construção de pontes suspensas permitem encarar novas soluções do problema da construção da ponte sôbre o Tejo defronte de Lisboa, tornando perfeitamente viável a sua localização sôbre o trôço mais estreito do rio, compreendido entre Santos e o Bom Sucesso, na margem direita, e Cacilhas e o Lazareto, na margem esquerda. A distância que separa as duas margens pode ser vencida apenas com três tramos, isto é, construindo sòmente dois pilares dentro de água.

Com efeito, a ponte da Porta de Ouro (Golden Gate), em S. Francisco, que é presentemente a maior ponte pênsil do mundo, tem um vão central de *1.280 metros* e dois vãos laterais de *343 metros*, o que dá um total de *1.966 metros* (vide as revistas «Téchnique des Travaux» de Novembro de 1935 e «Le Génie Civil» de 20 de Março de 1937). A máxima largura do Tejo no referido trôço é de *2.000 metros*

O problema da localização da ponte sôbre o Tejo defronte de Lisboa tem pois de ser estudado de novo, atentamente.

¿Deverá manter-se a escolha do traçado Beato-Montijo, ùltimamente preconizado, notando-se que o Tejo tem ali *5.600 metros* de largura e profundidades de água que atingem o máximo de *14 metros* nas preiamares de águas vivas, ou aproveitar-se o citado trôço mais estreito do rio, cuja largura máxima é de *2.000 metros,* mas onde as profundidades de água são muito grandes, chegando a atingir, em alguns pontos, *45 metros?*

Tem-se alegado a favor do traçado Beato-Montijo as seguintes vantagens:

Em primeiro lugar permitir adoptar um tipo de ponte mais económico, em vista das menores exigências da navegação naquela parte do rio, podendo estabelecer-se um maior número de tramos, de vãos proporcionados à altura dos pilares.

Esta vantagem não é porém tão acentuada como pode parecer à primeira vista, devido à grande profundidade de lôdo, a qual chega ali a atingir *50 metros* (vide relatório das sondagens geológicas no leito do Tejo, entre o Beato e o Montijo, publicado na Revista da Associação dos Engenheiros Civis Portugueses, de Julho de 1933).

O eminente geólogo Paul Choffat no seu parecer geológico acêrca do projecto de «passagem sôbre o Tejo em Lisboa e junção das rêdes de caminho de ferro do norte e do sul», da autoria do engenheiro civil André de Proença Vieira, já fizera notar, em 1889, que o Tejo, bem como os outros rios do país que desaguam no Oceano, tem um leito subterrâneo muito inferior ao nível actual do mar, leito que se encheu com aluviões, pois que, numa época geológica relativamente recente, em que as linhas de água seguiam já o seu curso actual, a costa portuguesa era mais elevada do que é presentemente (vide tomo II, fascículo II, das Comunicações da Comissão dos Trabalhos Geológicos de Portugal, pág. 168, e Revista de Obras Públicas e Minas, tomo XXII, pág. 49).

Os resultados das sondagens ùltimamente efectuadas pela Direcção Geral dos Serviços Hidráulicos e Eléctricos, no rio Tejo entre o Beato e o Montijo e no rio Douro em Bitetos, confirmam aquela opinião de Choffat.

Outra vantagem alegada a favor do traçado Beato-Montijo é a de, no caso de destruïção da ponte por motivo de guerra, terramoto, etc., não haver prejuízo importante para a navegação que utiliza o pôrto de Lisboa, ao contrário do que sucederia com a ponte situada sôbre o trôço mais estreito do rio, cuja destruïção poderia causar o engarrafamento do pôrto.

Ora êste engarrafamento dificilmente seria completo, atendendo à grande largura e enorme profundidade que ali tem o rio, sendo muito pouco provável que não restasse uma passagem navegável suficiente. Porém, mesmo que, duma maneira geral, se considere aceitável semelhante objecção, ela é insubsistente em relação ao tipo de obra que preconizo — ponte pênsil — em que uma grande parte da estrutura é constituída por cabos, de remoção relativamente fácil no caso de destruïção da ponte.

Uma terceira vantagem alegada a favor do traçado Beato-Montijo é a de se prestar melhor às ligações ferroviárias.

É êste talvez o único argumento de pêso a favor dêste traçado.

Deve, porém, notar-se que, na escolha da situação da ponte sôbre o Tejo defronte de Lisboa, não deve atender-se apenas às ligações ferroviárias: há outras circunstâncias a considerar, tais como favorecer a expansão urbana para a outra margem do rio, para o que o traçado Beato-Montijo é absolutamente inadequado, e facilitar as comunicações com a Costa da Caparica, que tem condições para se tornar uma estância balnear e de turismo importante.

Para servir a linha férrea, a construir, do Vale do Sorraia e melhorar a ligação das rêdes do caminho de ferro do norte e do sul do país, não parece indispensável que a ponte sôbre o Tejo fique junto de Lisboa; poderá, para êste fim especial, escolher-se uma solução menos dispendiosa que a construção da ponte do Montijo, estabelecendo-se uma ponte mais a montante, por exemplo, em Vila Franca.

A ponte de Lisboa deverá ser uma obra de incontestável utilidade para os habitantes da capital, facilitando-lhes as comunicações com a parte da margem esquerda compreendida entre Cacilhas e a Trafaria; é pois sôbre o correspondente trôço do rio que a ponte deve ser construída.

As maiores profundidades de água encontram-se ali perto da margem esquerda, havendo dois fundões, um próximo do pontal de Cacilhas e o outro a umas centenas de metros a montante do pôrto Brandão, onde se atinge a profundidade de *45 metros* abaixo do zero hidrográfico.

Em frente da Junqueira os fundos são menores, como se vê na planta junta, onde está marcada a situação que me parece preferível para a ponte, em vista da batimetria dêsse trôço do rio. Ao longo dessa directriz os fundos não atingem *30 metros* abaixo do zero hidrográfico. A adopção dêste traçado teria a vantagem de permitir maiores facilidades para o estabelecimento da via de acesso à ponte, na margem direita, por se tratar de uma zona urbana de menor importância.

O viaduto de acesso a estabelecer na continuação da ponte, na margem direita, prolongar-se-ia na direcção da Tapada da Ajuda sôbre a vertente sul da colina que limita pela direita o trôço inferior da ribeira de Alcântara, sendo fácil estabelecer a ligação com a ponte que se vai construir sôbre esta ribeira.

Deveria ser estudada, ao mesmo tempo, a urbanização da margem esquerda do Tejo e da parte da margem direita situada a poente da ribeira de Alcântara.

Indicada a directriz que me parece preferível, lembro a conveniência de, ao longo dela, se efectuarem as indispensáveis sondagens para servirem de base ao estudo geológico.

Em presença do parecer geológico estudar-se-ia a construção duma ponte suspensa, de tabuleiro rígido. Seria interessante examinar uma solução semelhante à adoptada em S. Francisco estabelecendo um vão central de cêrca de *1.300 metros* e dois vãos laterais de cêrca de *350 metros*.

Uma ponte desta natureza teria as seguintes vantagens:

a) — Possibilidade de colocar muito alto o tabuleiro da ponte, deixando livre para a navegação uma altura de *60 metros* ou mais;

b) — Redução ao mínimo do número de pilares dentro de água e, por conseguinte, dos estorvos para a navegação;

Lisboa
Benfica
A da Mora
Calhariz
Monsanto
Tapada
Alcântara
Junqueira
Torre de Belem
Rio Tejo
Directriz da ponte
Beato
Montijo
Poço do Bispo
Chelas
Xabregas
Cacilhas
Almada
Alfeite
Trafaria
Porto Brandão
Lazareto
Fragal
Cr.ta do Monte
Barreiro
Lavradio
Escala - 1:50.000
N

c) — No caso de destruïção da ponte, menor dificuldade em remover os destroços, constituídos em grande parte por estruturas fáceis de deslocar;

d)—Melhor aspecto da obra, cuja elegância e grandiosidade se quadrariam bem com a imponente entrada marítima de Lisboa.

*
* *

Conviria estudar, em primeiro lugar, a construção duma ponte pensil, sòmente para estrada, o que tornaria a obra muito menos dispendiosa, deixando para mais tarde a resolução do problema das ligações ferroviárias, tanto mais que as rêdes de caminho de ferro do norte e do sul do país já estão ligadas ao Setil, e que a ponte de Lisboa tem de satisfazer principalmente às conveniências da expansão urbana e do turismo.

Simplificar-se-ia assim muito a resolução do problema.

Para o financiamento da obra levantar-se-ia um empréstimo cujos encargos seriam satisfeitos por meio da portagem e da receita complementar criada especialmente para êsse fim, incidindo sôbre as regiões mais interessadas na construção da ponte e sôbre o automobilismo.

A resolução definitiva do assunto só deverá ser tomada em presença dum *projecto definitivo* pormenorizadamente elaborado.

A ordem dos respectivos trabalhos seria a seguinte:

1.º — execução de sondagens geológicas, segundo a directriz indicada;

2.º — elaboração do parecer geológico em presença dos resultados das sondagens;

3.º — elaboração do projecto definitivo;

4.º — estudo do financiamento da obra e promulgação das medidas necessárias;

5.º — construção da ponte.

Em complemento do estudo da ponte seria elaborado o projecto de urbanização da margem esquerda do Tejo e da sua margem direita, a poente da ribeira de Alcântara.

Lisboa, Novembro de 1937.

Ponte da Porta do Ouro

VIGA DE COMPRIMENTO FINITO ASSENTE SÔBRE TERRENO ELÁSTICO

PELO ENGENHEIRO **G. MAGNEL**
PROFESSOR DA UNIVERSIDADE DE GAND

A «Técnica», no intuito de melhorar e elevar o seu nível técnico e científico, solicitou, no ano lectivo findo, a colaboração de diversos engenheiros nacionais e estrangeiros, conhecidos no meio técnico pelos trabalhos realizados.

Registamos, com prazer e entusiasmo, a atenção imediata que mereceu o nosso pedido a dois notáveis engenheiros, de nomes universalmente consagrados, e a sua pronta e desinteressada colaboração aos alunos do I. S. T.

Do engenheiro Freyssined publicamos a sua conferência intitulada: «Uma revolução na técnica do beton armado».

O professor G. Magnel prometeu-nos a sua colaboração para breve. Mandou-nos agora um trabalho original notável pela resolução de um problema que, tendo sido posto aos engenheiros, ainda não fora resolvido tècnicamente.

A publicação dêste trabalho em português obedeceu à nossa vontade de contribuir, dentro dos nossos modestos recursos, para a expansão da obra de Magnel nos meios técnicos luso-brasileiros, dando, assim, aquele lugar que a nossa língua deve ocupar na literatura técnica.

INTRODUÇÃO — O problema da viga finita assente sôbre terreno elástico está, há muito tempo, resolvido matemàticamente pelos engenheiros. (1) — Todavia as soluções apresentadas até estes últimos tempos não são de aplicação cómoda nos gabinetes de estudos industriais por exigirem muito tempo.

O único caso, pràticamente resolvido, é o da viga infinita; com efeito conhece-se — vêr, por ex., nosso curso de Estabilidade de Construções, vol. II — as linhas de influência de M, T e p num ponto qualquer (estas linhas são as mesmas para todos os pontos). Infelizmente, nenhuma viga é infinita e mesmo se são muito compridas têm extremidades onde as linhas de influência conhecidas não são aplicáveis.

Numa memória recente (2), Bleich mostrou como se pode obter a solução da viga finita utilizando as linhas de influência da viga infinita. O seu processo, que expomos mais adiante, é muito simples e elegante.

Aplicamo-lo — como a seguir explicamos — à pesquisa das linhas de influência em todos os pontos duma viga infinita numa única direcção. Concluídas estas linhas — que se encontram nas

(1) Vêr, por ex., K. Hayashi «Théorie des Trägers auf Elastischer Unterlage» — Berlin, Springer.
(2) Vêr H. Bleich «Berechnung von Eisenbeton Streifenfundamentent».
Die Bautechnik Heft 37, August 1937, Seite 477.

folhas anexas — podemo-nos basear sôbre elas para aproveitar a ideia de Bleich, mas simplificando-a consideràvelmente; o problema a 4 incógnitas, perante o qual se encontrou Bleich, fica reduzido a um problema a 2 incógnitas.

Finalmente, levando mais além a simplificação, imaginámos um método para passar da viga infinita numa direcção, à viga finita, fazendo aproximações sucessivas — género método de Cross —; a convergência sendo muito rápida, basta, em geral, a primeira fase. — Só é, contudo, aplicável a vigas bastante compridas.

Tendo exposto o nosso programa, vamos abordar os seus pontos um a um.

Exposição do método de Bleich

Tratando-se do caso da viga A B (fig. 1-a), com cargas quaisquer P_1, P_2,.... Bleich considera, em primeiro lugar, a viga infinita tendo em A e B momentos flectores e esforços transversos conhecidos, M_A, T_A, M_B e T_B (fig. 1-b).

Procura, em seguida, (fig. 1-c) o sistema de fôrças T_1, T_2, T_3 e T_4 que é necessário sobrepôr para que a solicitação do conjunto pelos P e pelos T, dê, como no caso da viga finita:

$$M_A = 0 \qquad T_A = 0 \qquad M_B = 0 \qquad T_B = 0$$

Para poder, por ex., fazer $M_A = 0$ considera a linha de influência dos M num ponto qualquer *O* da viga infinita (fig. 2), sobrepondo aí, a viga finita AB e pondo A na vertical de *O*; o ponto B fica a uma distância da origem *O* igual a aL; notemos, com efeito, que a linha de influência, traçada duma vez para sempre, tem como abcissa *ax* onde

$$a = \sqrt[4]{\frac{K.\,b}{4.\,E.\,I}}$$

K = rigidez do terreno, b = largura da viga, I o seu momento de inércia).

Bleich coloca as fôrças auxiliares T de tal modo que a abcissa de T_1 seja $-\pi/4$ e a de T_2 fique igual a $-\pi/2$; T_3 e T_4 ocupam posições simétricas em relação a AB. (Em princípio, a posição destas fôrças é arbitrária, mas os cálculos simplificam-se colocando-as convenientemente, por ex., de forma a que nos pontos onde estão, as linhas de influência tenham determinadas ordenadas nulas.

A condição $M_A = 0$ é então:

$$0 \times T_1 + 0{,}2079\, T_2 + 4.\,a.\,i_{M_3}.\,T_3 + 4\,a\,i_{M_4}.\,T_4 + 4\,a \sum_{A \equiv 0} P_{iM} = 0 \qquad (1)$$

Fazendo, em seguida, coincidir B com *O*, um raciocínio idêntico permite exprimir que $M_B = 0$ por:

$$4.\,a.\,i_{M_1}.\,T_1 + 4.\,a.\,i_{M_2}.\,T_2 + 0 \times T_3 + 0{,}2079\, T_4 + 4.\,a. \sum_{B \equiv 0} P_{iM} = 0 \qquad (2)$$

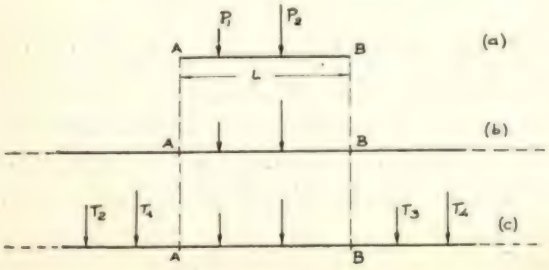


Fig 1

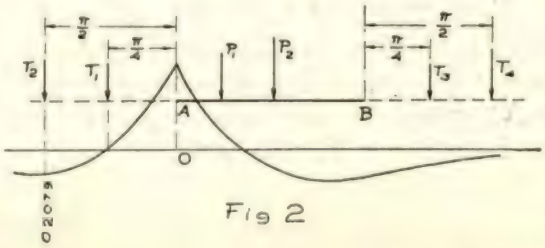


Fig 2

Se se considera, depois, a linha de influência de T em O (fig. 3) tem-se igualmente, as duas seguintes equações exprimindo que $T_A = 0$ e $T_B = 0$:

$$0{,}3224\ T_1 + 0 \times T_2 + 2.\,i_{T_3}.\,T_3 + 2.i_{T_4}.\,T_4 + 2 \sum_{A \equiv 0} P.i_T = 0 \qquad (3)$$

$$2.\,i_{T_1}.\,T_1 + 2i_{T_2}.\,T_2 - 0{,}3224\ T_3 + 0 \times T_4 + 2 \sum_{B \equiv 0} P.i_T = 0 \qquad (4)$$

Destas quatro equações Bleich tira T_1, T_2, T_3 e T_4 e o problema está resolvido; o troço AB da viga infinita carregada com os P e os T é idêntico à viga finita carregada com os P.

Deve-se notar que se $aL > 5$, aproximadamente, há termos desprezíveis em cada uma das equações; reduzem-se a:

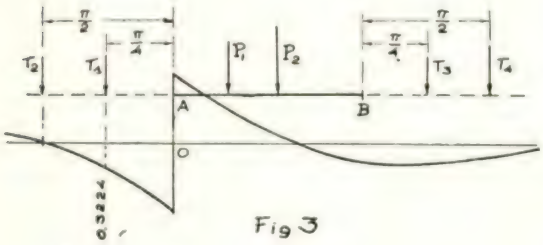


Fig 3

$$T_2 = -\frac{1}{0{,}2079} \cdot \sum_{A \equiv} P.\,i_M \qquad (1')$$

$$T_4 = -\frac{1}{0{,}2079} \cdot \sum_{B \equiv 0} P.\,i_M \qquad (2')$$

$$T_1 = -\frac{1}{0{,}3224} \cdot \sum_{A \equiv 0} P.\,i_T \qquad (3')$$

$$T_3 = +\frac{1}{0{,}3224} \cdot \sum_{B \equiv 0} P.\,i_T \qquad (4')$$

Por fim, notemos que os coeficientes numéricos das equações de Bleich valem:

$$0{,}2079 = e^{-\pi/2} \qquad 0{,}3224 = \frac{1}{\sqrt{2}}\, e^{-\pi/4}$$

Linhas de influência da viga infinita numa única direcção

Vamos explicar como aplicamos o raciocínio de Bleich ao estudo das linhas de influência da viga infinita numa só direcção.

INFLUÊNCIA DOS M

Procuremos a linha de influência de M em O (fig. 4) quando A é a extremidade da viga a distância finita.

Façamos um corte simples relativo a M em O e apliquemos aos bordos dêsse corte dois binários M_0 iguais e de sinal contrário — A elástica da viga assim solicitada é a linha de influência procurada numa escala determinada, mais exactamente (vêr notações do nosso Curso de Estabilidade):

$$i_M = -\frac{y_{21}}{y_{11}}$$

Para encontrar a elástica apliquemos o raciocínio de Bleich; procuremos, em primeiro lugar, a elástica da viga infinita nos dois sentidos; sobreponhamos em seguida, *primeiro* a elástica da mesma viga solicitada por uma fôrça T_1 (fig. 5) situada a uma distância $\pi/4$ à esquerda de A; *segundo*, a elástica da mesma viga solicitada por uma fôrça T_2 situada $\pi/2$ à esquerda de A.

Estas fôrças T_1 e T_2 serão escolhidas de modo tal que o conjunto T_1, T_2 e M_0, dê em A

$$M_A = 0 \qquad T_A = 0$$

A elástica da viga infinita solicitada por M_0 em O é conhecida; tem a mesma forma que a linha de influência de M em O para esta viga. Com efeito:

$$y_{21} = \frac{1}{2.\ a^2.\ E.\ I}\ \varphi_2\ (a\,x)\ .\ M_0$$

$$y_{11} = -\frac{2}{a.\ E.\ I}\ M_0$$

Sendo $\varphi_2\ (a\,x)$ a função:

$$\varphi_2\ (a\,x) = -\frac{\cos a\,x - \operatorname{sen} a\,x}{e^{a\,x}}$$

(ver o nosso curso de Estabilidade de Construções, vol. II).

Os M e T, nesta viga, são dados por:

$$M = -\ \varphi_1\ (a\,x)\ .\ M_0$$

$$T = 2.\ a\ \frac{\operatorname{sen} a\,x}{e^{a\,x}}\ M_0$$

com

$$\varphi_1\ (a\,x) = \frac{\cos a\,x + \operatorname{sen} a\,x}{e^{a\,x}}$$

Feito isto, fixemos a articulação O mantendo sempre a viga, infinita nos dois sentidos, deformada pelos binários M_0, e apliquemos aí as fôrças T_1 e T_2.—As duas seguintes equações exprimem que

$$M_A = 0 \quad T_A = 0 \qquad (\text{fazendo } A\,0 = x_1)$$

$$0 \times T_1 + 0{,}2079\ T_2 - 4.\ a.\ \varphi_1\ (a\,x_1)\ .\ M_0 = 0$$

$$0{,}3224\ T_1 + 0 \times T_2 - 2 \times 2.\ a.\ \frac{\operatorname{sen} a\,x_1}{e^{a\,x_1}}\ M_0 = 0$$

donde

$$T_1 = +\ \frac{4\ a}{0{,}3224}\ .\ \frac{\operatorname{sen} a\,x_1}{e^{a\,x_1}}\ .\ M_0$$

$$T_2 = +\ \frac{4\ a}{0{,}2079}\ .\ \varphi_1\ (a\,x_1)\ .\ M_0$$

As três elásticas a sobrepôr são então:

$$1^0 - \text{para } M_0 \qquad +\ \frac{1}{2.\ a^2.\ EI}\ \varphi_2\ (a\,x)\ .\ M_0$$

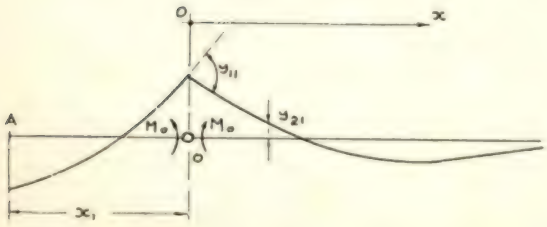


Fig 4

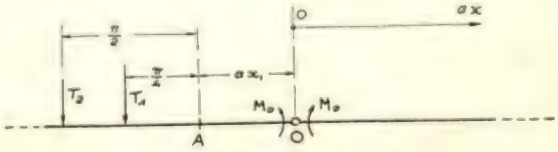


Fig 5

$$2^0 - \text{para } T_1 \qquad + \frac{T_1 \,.\, a}{2 \,.\, k \,.\, b} \varphi_1 (a x + a x_1 + \pi/4)$$

$$3^0 - \text{para } T_2 \qquad + \frac{T_2 \,.\, a}{2 \,.\, k \,.\, b} \varphi_1 (a x + a x_1 + \pi/2)$$

Somando e dividindo por Y_{11}, depois de alguns cálculos, temos:

$$i_M = \frac{1}{4a} [\psi_2 - \psi_1 - A_1 \psi_2 + A_2 \psi_1]$$

$$A_1 = (\psi'_1 + \psi'_2)^2 + 2 \psi'^2_2$$

$$A_2 = (\psi'_1 + \psi'_2)^2 - 2 \psi'^2_2$$

Utilizamos aqui, para facilitar, as funções

$$\psi_1 = \frac{\cos a x}{e^{a x}} \qquad \psi_2 = \frac{\operatorname{sen} a x}{e^{a x}}$$

e designamos por ψ'_1 e ψ'_2 os valores destas funções para $a x = a x_1$.

Deve-se notar que, no primeiro parêntesis da expressão de i_M, é preciso — nos dois primeiros termos $(\psi_2 - \psi_1)$ — considerar o valor absoluto de $a x$ e não o seu valor algébrico.

INFLUÊNCIA DOS T

Procuremos a linha de influência de T em *O* (fig. 6).

Façamos um corte em *O* relativamente a T e apliquemos aos bordos do corte duas fôrças iguais T_0 e de sinal contrário. — A elástica da viga, assim solicitada, é a linha de influência procurada, numa escala determinada; mais exactamente:

$$i_T = - \frac{Y_{21}}{Y_{11}}$$

Para encontrar a elástica apliquemos o raciocínio de Bleich; procuremos, em primeiro lugar, a elástica da viga infinita nos dois sentidos; em seguida sobreponhamos aí: *primeiro,* a elástica da mesma viga solicitada por uma fôrça T_1 (fig. 5) situada à distância $\pi/4$ à esquerda de A; *segundo,* a elástica da mesma viga solicitada por uma fôrça T_2 situada à distância $\pi/2$ à esquerda de A.

Estas fôrças T_1 e T_2 serão escolhidas de modo que o conjunto T_1, T_2 e T_0 dê em A:

$$M_A = o \qquad \text{e} \qquad T_A = o$$

A elástica da viga infinita solicitada por T_0 em *O* é conhecida; tem forma idêntica à da linha de influência de T em *O,* para esta viga. Com efeito:

$$y_{21} = \frac{1}{2 \, a^3 \, E \, I} \varphi_3 (ax) \, T_0$$

com

$$\varphi_3 (ax) = \frac{\cos a x}{e^{a x}}$$

$$y_{11} = \frac{1}{a^3 \,.\, E \, I} T_0$$

Nesta viga, os M e os T têm os seguintes valores:

$$M = \frac{1}{a} \cdot \frac{\text{sen } ax}{e^{ax}} \cdot T_0$$

$$T = -\varphi_2 (ax) \cdot T_0$$

Feito isto, fixemos o corte em O, mantendo a viga infinita nos dois sentidos e deformada pelas duas fôrças T_0 em O, e apliquemos aí as fôrças T_1 e T_2. — As duas seguintes equações exprimem que:

$$M_A = 0 \qquad T_A = 0$$

$$0 \times T_1 + 0{,}2079\, T_2 - 4 \frac{\text{sen } a x_1}{e^{a x_1}} T_0 = 0$$

$$0{,}3224\, T_1 + 0 \times T_2 - 2 \cdot \varphi_2 (a x_1) \cdot T_0 = 0$$

donde:

$$T_1 = + \frac{2}{0{,}3224} \cdot \varphi_2 (a x_1) \cdot T_0$$

$$T_2 = + \frac{4}{0{,}2079} \cdot \frac{\text{sen } a x_1}{e^{a x_1}} \cdot T_0$$

As três elásticas a sobrepor são então:

1^0 — para T_0 $\quad + \dfrac{1}{2 \cdot a^3 \cdot E I} \varphi_3 (a x) \cdot T_0$

2^0 — para T_1 $\quad + \dfrac{T_1 \cdot a}{2 \cdot k \cdot b} \varphi_1 (a x + a x_1 + \pi/4)$

3^0 — para T_2 $\quad + \dfrac{T_2 \cdot a}{2 \cdot k \cdot b} \varphi_1 (a x + a x_1 + \pi/2)$

Somando e dividindo por $-y_H$, depois de alguns cálculos, fica:

$$i_T = \frac{1}{2} [-\psi_1 + A_3 \psi_2 + A_4 \psi_1]$$

$$A_3 = 2 \psi'^2_2$$

$$A_4 = (\psi'_1 - \psi'_2)^2$$

Deve-se notar que no primeiro termo do parêntesis de i_T, isto é em $-\psi_1$, é preciso, para $x < 0$, considerar o valor absoluto de x e trocar o sinal a êsse termo.

INFLUÊNCIA DOS P

Procuremos a linha de influência de p em O (fig. 7). Notemos que, sendo $p = k.y$, a linha de influência de p é a de y diferindo apenas pelo factor k.

Ora, a de y é a elástica da viga para $P_0 = 1$ em O.

Para a encontrar apliquemos o raciocinio de Bleich. — Procuremos, em primeiro lugar, a elástica para a viga infinita nos dois sentidos; em seguida façamos aí as seguintes sobreposições:

Primeiro — A elástica da mesma viga solicitada por uma fôrça T_1 (fig. 5), à distância $\pi/4$ à esquerda de A.

Segundo — A elástica da mesma viga solicitada por uma fôrça T_2, à distância $\pi/2$ à esquerda de A.

Estas fôrças T_1 e T_2 serão escolhidas de modo que o conjunto T_1, T_2 e P_0 dê em A:

$$M_A = 0 \quad e \quad T_A = 0$$

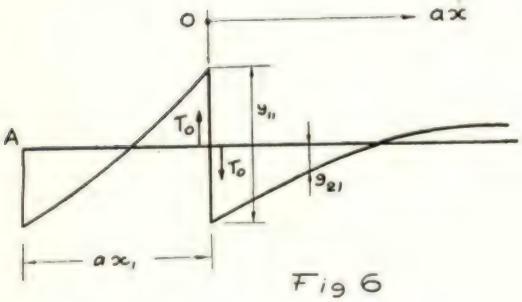


Fig 6

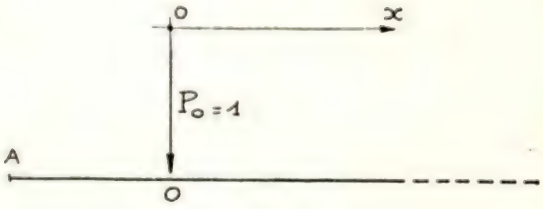


Fig 7

A elástica da viga infinita solicitada por P_0 em O é conhecida; tem forma semelhante à da linha de influência de p em O para esta viga.

Com efeito:

$$y_0 = \frac{a}{2\ k.\ b}\ \varphi_1\ (ax)$$

Os M e os T nesta viga têm o seguinte valor em A:

$$M_A = \frac{1}{4\ a}\ \varphi_2\ (ax_1)$$

$$T_A = \frac{1}{2}\ \varphi_3\ (ax_1)$$

As duas seguintes equações exprimem que $M_A = 0$ e $T_A = 0$:

$$O \times T_1 + 0{,}2079\ T_2 + \varphi_2\ (ax_1) = 0$$

$$+ 0{,}3224\ T_1 + O \times T_2 - \varphi_3\ (ax_1) = 0$$

donde:

$$T_1 = + \frac{1}{0{,}3224}\ \varphi_3\ (ax_1)$$

$$T_2 = - \frac{1}{0{,}2079}\ \varphi_2\ (ax_1)$$

As elásticas, sob a acção destas fôrças, são:

$$y_1 = \frac{T_1 .\ a}{2.\ k.\ b}\ \varphi_1\ (ax + ax_1 + \pi/4)$$

$$y_2 = \frac{T_2 .\ a}{2.\ k.\ b}\ \varphi_1\ (ax + ax_1 + \pi/2)$$

Somando obtém-se após alguns cálculos:

$$i_p = \frac{a}{2\,b}\,(\psi_1 + \psi_2 - A_5\,\psi_2 + A_6\,\psi_1)$$

$$A_5 = (\psi'_1 + \psi'_2)^2 - 2\,\psi'^2_2$$

$$A_6 = (\psi'_1 - \psi'_2)^2 + 2\,\psi'^2_1$$

Note-se que, nos dois primeiros termos do parêntesis de i_p (portanto em $\psi_1 + \psi_2$), se deve considerar a x em valor absoluto.

Explicação das fôlhas anexas

Aplicando as fórmulas estabelecidas anteriormente, calculamos três famílias de linhas de influência e demos-lhe as seguintes formas:

$$i_M = \frac{1}{4\,a}\,.\,K_M$$

$$i_T = \frac{1}{2}\,.\,K_T$$

$$i_p = \frac{a}{2\,b}\,.\,K_p$$

As nossas curvas dão os valores numéricos de K_M, K_T e K_p que são números abstratos. — Em abcissa marcamos a x, tomando como origem a extremidade A da viga, situada a distância finita, ao contrário do que fizemos atrás.

Isto dá-nos as três fôlhas [1]:

Fôlha I para os K_M
Fôlha II » » K_T
Fôlha III » » K_p

Em face da teoria que se vai expôr calculámos igualmente as linhas dos M, T e p para as duas seguintes solicitações:

1.º = Um binário $M_o = 1$ em A, no sentido contrário ao do movimento dos ponteiros do relógio.

2.º = Uma fôrça $F_o = 1$ em A, dirigida para baixo.

Estas linhas estão representadas na fôlha IV.

Finalmente, chamamos a atenção para uma série de quadros (V a VII) onde reünimos os valores das ordenadas das diferentes curvas existentes nas fôlhas I a III.

Método de Bleich simplificado

O emprêgo das linhas representadas nas fôlhas I a III permite simplificar o método de Bleich.

---

[1] O sr. Engenheiro Fricero mostrou-nos, há tempo, algumas das curvas representadas nas nossas fôlhas. Tinha-as calculado partindo da equação diferencial da elástica. Os seus resultados nunca foram publicados, segundo cremos.

Com efeito, indo nós tratar o caso da viga AB (fig. 8), basta assimilar esta viga a um troço da viga infinita num sentido (fig. 8) e juntar-lhe duas fôrças T_3 e T_4 arbitràriamente colocadas.

Deve-se pôr de preferência, T_3 num ponto onde a linha de influência de T em B tenha uma ordenada nula.

Nestas condições, escrevem-se logo as duas equações que exprimem $M_B = 0$ e $T_B = 0$, contendo cada uma delas só uma incógnita; tem-se, assim, explicitamente, a solução exacta.

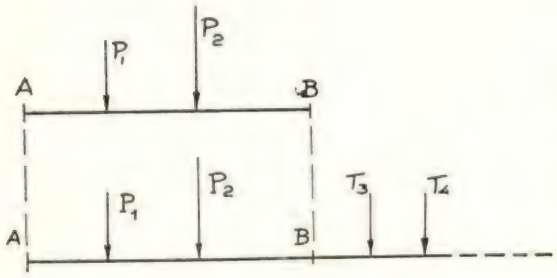


Fig 8

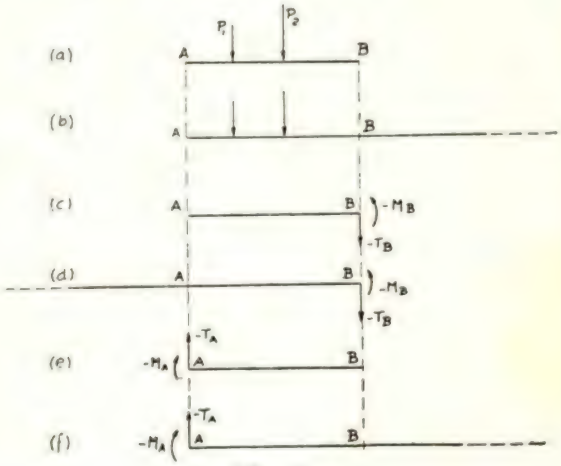


Fig 9

O nosso método para a viga finita

Há, ainda, outro método. Seja a viga AB com as cargas P_1, P_2 ... (fig. 9-a).

Consideremos a viga infinita à direita de A (fig. 9-b): as nossas linhas de influência dão todos os M, T e p. — Esta é séde, em B, de um M_B e um T_B conhecidos.

Estudemos o efeito sôbre AB de $-M_B$ e $-T_B$ em B, efeito que basta sobrepôr ao da fig. 9-b para obter o da fig. 9-a. Para isso, consideremos a viga infinita à esquerda de B (fig. 9-d). As curvas da nossa fôlha IV dão, imediatamente, os M, T e p. Mas, sendo esta viga (fig. 9-d) séde em A de um M_A e T_A, é preciso sobrepôr à solicitação considerada na fig. 9-d o efeito de $-M_A$ e $-T_A$ (fig. 9-e); êste efeito acha-se admitindo, em primeiro lugar, uma viga infinita à direita de A (fig. 9-f).

Compreende-se, fàcilmente, que, por aproximações sucessivas, se possa obter uma solução com a exactidão que se desejar.

De facto, bastará em geral considerar os casos b e d, pois os valores de M_A e T_A, do caso d, são extremamente pequenos.

A aplicação que se segue tornará isto de resto mais evidente.

Êste método só dá bons resultados para vigas tais que $aL > 2{,}5$ aproximadamente.

Aplicação numérica do método de Bleich

Consideremos, novamente, o exemplo de Bleich (fig. 10). Suponhamos: $L = 22$ m; $K = 4$ kgs/cm³; $E = 210$ t/cm²; $b = 1{,}73$ m. e $I = 0{,}9 \times 10^8$ cm⁴.

Temos:

$$a = \sqrt[4]{\frac{k\,b}{4\,E\,I}} = 0{,}00174 \text{ cm}^{-1}$$

(Tomamos a largura $b = 1{,}73$ m. em vez de 1,60 m. como Bleich para chegar ao mesmo «a» de Bleich, que se engana ligeiramente no cálculo dêste coeficiente).

Temos:

$$aL = 0{,}00174 \times 2.200 = 3{,}83$$

Feito isto, estamos aptos a colocar a viga finita AB sôbre a viga infinita (fig. 11) e a indicar as posições das fôrças auxiliares T_1, T_2, T_3 e T_4. Procuremos em primeiro lugar, com o auxílio das linhas de influência da viga infinita:

$$4.\ a.\ \sum_{A=0} P.\, i_M = 80\,(-0{,}221 + 0{,}189) = -2{,}56$$

$$4.\ a.\ \sum_{B=0} P.\, i_M = 80\,(+0{,}189 + 0{,}031) = +17{,}60$$

$$2.\ \sum_{A=0} P.\, i_t = 80\,(-0{,}516 + 0{,}049) = -37{,}36$$

$$2.\ \sum_{B=0} P.\, i_t = 80\,(-0{,}049 - 0{,}036) = -6{,}80$$

As equações de Bleich são portanto:

$$O \times T_1 + 0{,}208\ T_2 - 0{,}009\ T_3 - 0{,}006\ T_4 = +2{,}56$$

$$-0{,}009\ T_1 - 0{,}006\ T_2 + O \times T_3 + 0{,}208\ T_4 = -17{,}60$$

$$0{,}322\ T_1 + O \times T_2 + 0{,}001\ T_3 - 0{,}003\ T_4 = +37{,}36$$

$$-0{,}001\ T_1 + 0{,}003\ T_2 - 0{,}322\ T_3 + O \times T_4 = +6{,}80$$

Donde

$$T_1 = 115{,}4 \text{ t.} \qquad T_2 = 8{,}9 \text{ t.}$$

$$T_3 = -21{,}5 \text{ t.} \qquad T_4 = -79{,}3 \text{ t.}$$

As curvas dos M, T e p obtêm-se sem dificuldade.

Deseja-se, por ex., o momento sob a fôrça de 80 t. da direita; colocar-se-ão as fôrças 80; 80; T_1; T_2; T_3 e T_4 sôbre a linha de influência dos M, para a viga infinita, de modo a fazer coïncidir a fôrça de 80 t. da direita com o ponto *O* da linha de influência; encontra-se:

$$M = \frac{1}{4 \times 0{,}00174}\,(-80 \times 1{,}000 + 80 \times 0{,}200 + 115.4 \times 0{,}090 + 8{,}9 \times 0{,}018 - 21{,}5 \times 0{,}090 - 79{,}3 \times 0{,}018) = -8170 \text{ tcm.}$$

ou seja — 81,7 tm.

Notemos, de passagem, que, desprezando os têrmos não principais nas 4 equações em T, encontra-se:

$$T_1 = \frac{37{,}36}{0{,}322} = 116{,}0 \text{ t.} \qquad T_2 = \frac{2{,}56}{0{,}208} = 12{,}3 \text{ t.}$$

$$T_3 = -\frac{6{,}80}{0{,}322} = -21{,}1 \text{ t.} \qquad T_4 = -\frac{17{,}6}{0{,}208} = -84{,}5 \text{ t.}$$

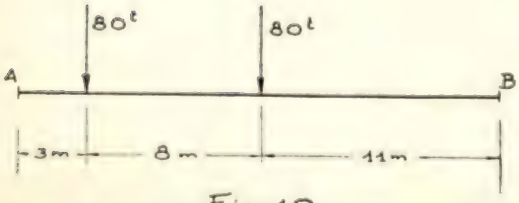


Fig 10

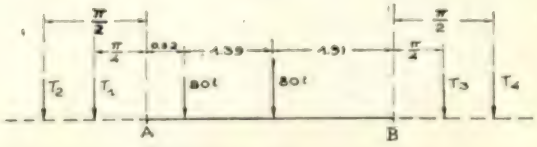


Fig 11

o que daria para o momento procurado mais atrás:

$$M = \frac{1}{4 \times 0{,}00174} (-80 \times 1{,}000 + 80 \times 0{,}200 + 116{,}0 \times 0{,}090 + 12{,}3 \times 0{,}018 - \\ - 21{,}1 \times 0{,}090 - 84{,}5 \times 0{,}018) = -8160 \text{ tcm.}$$

ou seja — 81,60 tm., o que é o mesmo resultado de trás.

Portanto, não poderíamos ter feito a aproximação indicada por Bleich neste caso, pois $aL = 3{,}83$ não é igual ou superior a 5.

Observemos que se a reacção do solo fôsse linear — caso da viga de rigidez infinita —, ter-se-ia no ponto estudado $M = -120$ tm., o que é um valor muito afastado da solução exacta.

Aplicação numérica do método de Bleich simplificado por nós

Consideremos novamente o mesmo problema, mas utilizemos, desta vez, as linhas de influência da viga infinita num único sentido. (Folhas I e II).

Coloquemos a viga AB por cima da viga infinita fazendo coïncidir A com a extremidade desta viga a distância finita (fig. 12). O ponto B coïncide com um ponto da viga infinita onde se conhecem as linhas de influência dos M e T. — Estas mostram-nos que, sob a acção das fôrças de 80 t., se tem:

$$4\ a\ M_B = 80\ (+0{,}189 + 0{,}031) = +17{,}6 \text{ t.}$$

$$2\ T_B = 80\ (-0{,}048 - 0{,}036) = -6{,}72 \text{ t.}$$

Sobreponhamos à solicitação duas fôrças auxiliares T_3 e T_4 escolhidas de modo a anularem M_B e T_B; o seu lugar é arbitrário em princípio; todavia é conveniente colocá-las de tal modo que no ponto onde estiver uma, a linha de influência dos M_B tenha uma ordenada nula; no ponto onde estiver a outra a linha de influência dos T_B tem uma ordenada nula (se isso não fôr possível colocar-se-ão as fôrças T_1 e T_2 num ponto qualquer da viga infinita). — No caso concreto, em questão, colocar-se-ão T_3 e T_4 nos pontos indicados na fig. 12.

As duas equações que exprimem $M_B = O$ e $T_B = O$ são, pois:

$$0 \times T_3 + 0{,}208\ T_4 + 17{,}6 = 0$$

$$0 \times T_4 - 0{,}322\ T_3 - 6{,}72 = 0$$

donde:

$$T_4 = -\frac{17{,}6}{0{,}208} = -84{,}61$$

$$T_3 = -\frac{6{,}72}{0{,}322} = -20{,}87$$

Pôsto isto o momento no ponto da fôrça da direita de 80 t. obtem-se, fàcilmente, baseando-nos na linha de influência de M neste ponto C.

$$4\ a\ M_c = 80\ (-1{,}031 + 0{,}37) - 84{,}61 \times (+0{,}019) - 20{,}87 \times (+0{,}09) = \\ = -52{,}88 - 1{,}88 - 1{,}61 = -56{,}37$$

$$M_c = -\frac{56{,}37}{4 \times 0{,}00174} = -8110 \text{ tcm.} = -81{,}1 \text{ tm.}$$

ao contrário de —81,6 encontrado acima.

A diferença, muito pequena, é devida às interpolações.

Aplicação numérica do nosso método

Consideremos ainda o mesmo exemplo. — Como na fig. 12 e no parágrafo anterior, façamos o cálculo na hipótese de que na viga infinita se tenha sob as duas forças de 80 t.:

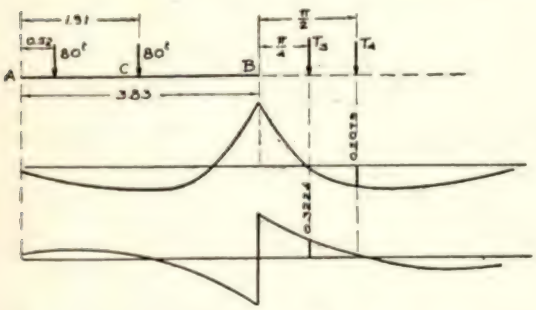


Fig 12

$$4\ a\ M_B = +\ 17{,}6$$
$$2\ T_B = -\ 6{,}72$$

e na posição da fôrça da direita de 80 t., se tenha, segundo a linha de influência correspondente (folha I):

$$4\ a\ M_C = 80\ (-1{,}031 + 0{,}37) = -\ 52{,}88\ t.$$

Pretendemos obter o valor dêste momento para a viga finita.

Para isso, apliquemos em B à viga finita:

$$M = -\frac{1}{4\,a} \times 17{,}6 \quad e \quad F = -\frac{1}{2} \times 6{,}72$$

Procuremos o efeito desta solicitação por aproximações sucessivas. — Suponhamos, em primeiro lugar, a viga infinita à esquerda de A. — A folha IV dá neste caso:

1º — sob a acção de M em B:

$$M_C = -\frac{1}{4\,a}\ 17{,}6 \times 0{,}092 = -\frac{1}{4\,a} \times 1{,}62$$

$$M_A = +\frac{1}{4\,a} \times 17{,}6 \times 0{,}031 = +\frac{1}{4\,a} \times 0{,}55$$

$$T_A = -\frac{1}{4\,a}\ 17{,}6 \times 0{,}027\ a = -\frac{1}{2} \times 0{,}96$$

2.º — sob a acção de T, em B:

$$M_c = -\frac{1}{2} \times 6{,}72 \times \frac{0{,}140}{a} = -\frac{1}{4\,a} \times 1{,}88$$

$$M_A = +\frac{1}{2} \times 6{,}72 \times \frac{0{,}014}{a} = +\frac{1}{4\,a} \times 0{,}18$$

$$T_A = +\frac{1}{2} \times 6{,}72 \times 0{,}004 = +\frac{1}{2} \times 0{,}030$$

Isto permite-nos já corrigir o momento M_c da viga infinita de:

$$\frac{1}{4\,a}\ (-\ 1{,}62 - 1{,}88) = -\frac{1}{4\,a} \times 3{,}50$$

Um valor, já mais exacto dêste momento, será pois:

$$M_c = \frac{1}{4\,a}\ (-\ 52{,}88 - 3{,}50) = -\frac{1}{4\,a} \times 56{,}38$$

Mas, no cálculo da correcção precedente supõe-se que a viga AB é infinita à esquerda de A e séde portanto dum M e dum T valendo:

$$M_A = \frac{1}{4a}(0{,}55 + 0{,}18) = \frac{1}{4a} \times 0{,}73$$

$$T_A = -\frac{1}{2}(0{,}96 - 0{,}03) = -\frac{1}{2} \times 0{,}93$$

Devemos sobrepôr a esta solicitação a da viga AB solicitada em A:

$$M = -\frac{1}{4a} \times 0{,}73$$

$$F = +\frac{1}{2} \times 0{,}93$$

Para se achar o seu efeito, supõe-se a viga infinita à direita de B.

Em face da pequenez das correções ainda a fazer, é pràticamente inútil insistir nelas, de sorte que temos a solução quási exacta.

Esta solução é de resto pràticamente idêntica à fornecida pelos outros dois métodos.

Fundo de uma cuva de natação

Seja o caso (fig. 13) de uma cuva de 3 m. de profundidade com um caminho de circulação em consola de 2,50 m. e devendo suportar 400 kgs/m2.

Quer sob a carga da água actuando sôbre o fundo, quer devido ao pêso próprio do fundo, a laje não é flectida; as reacções do solo equilibram directamente as fôrças citadas.

Pelo contrário, a laje flecte sob a acção do momento de encastramento da parede no fundo (em A) e sob a acção vertical desta parede sôbre o fundo. — Um cálculo fácil dá:

$$M_A = 7{,}45 \text{ tm.} \qquad F_A = 3{,}6 \text{ t.}$$

para uma faixa de 1 m.

Com $K = 4$ kgs/cm³ tem-se:

$$a = \sqrt[4]{\frac{4 \times 100 \times 12}{4 \times 210.000 \times 100 \times 30^3}} = 0{,}00672$$

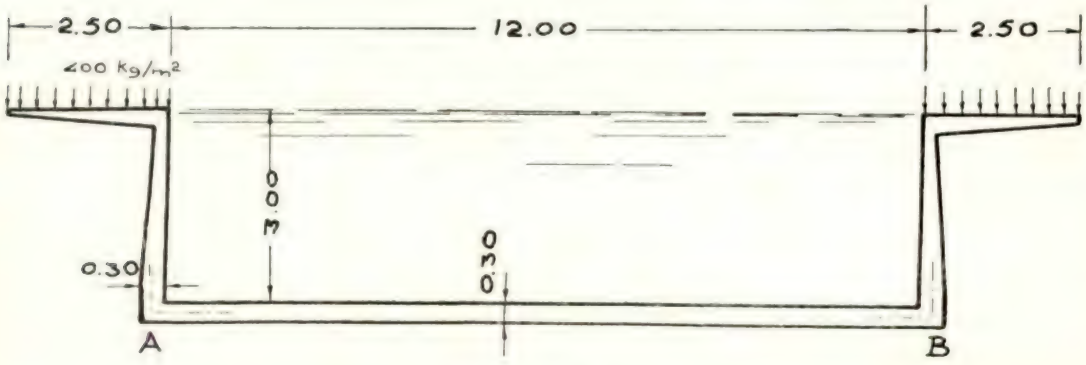


Fig 13

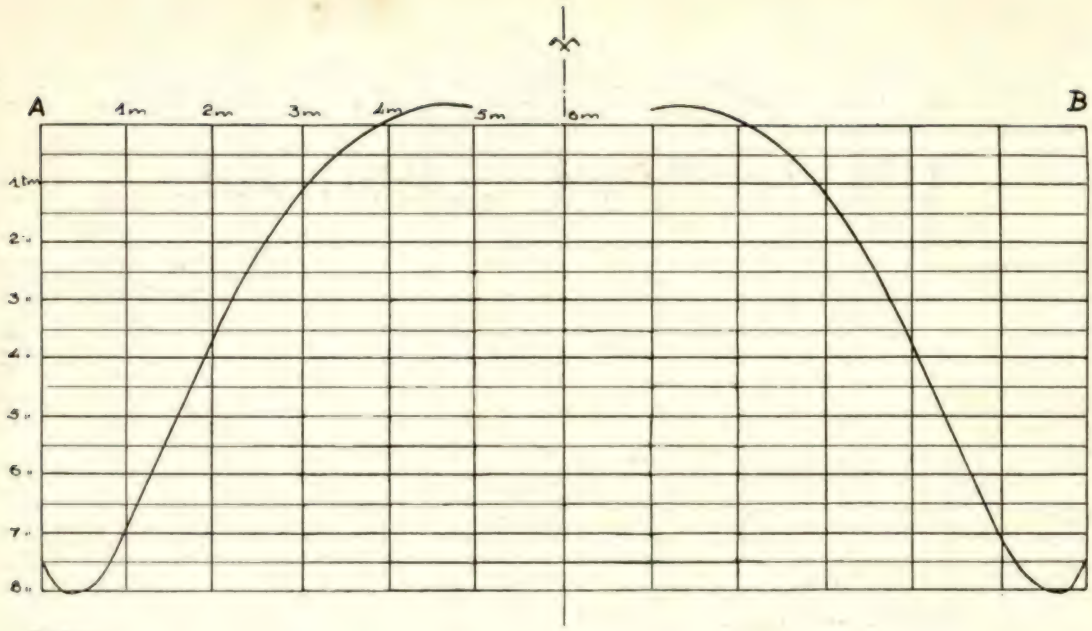


Fig 14

Tem-se, portanto, a L = 12 × 0,00672 = 8,06, de modo que para estudar a extremidade vizinha de A (ou B) é suficiente supôr-se a viga infinita à direita (ou à esquerda).

Vê-se imediatamente, que, com estes resultados e as informações fornecidas pela nossa folha IV, se pode traçar a curva dos M na laje. — Está representada na fig. 14.

Aplicações importantes

Chamamos aqui a atenção para duas aplicações muito importantes, que aliás nos incitaram a estudar o problema tornando-o o objectivo desta memória:

Um muro-cais — muro de gravidade — sôbre o qual se encontra uma das vias de um guindaste de pórtico.

Um túnel de beton armado, tal como o da junção NORD-MIDI em Bruxelas, e sôbre o qual se pensa construir prédios de muitos andares.

Cremos que a presente memória facilitará, enormemente, a solução destes problemas e de muitos outros.

Gand, Outubro de 1937.

LA POUTRE DE LONGUEUR FINIE SUR UN TERRAIN ÉLASTIQUE

PAR G. MAGNEL
PROF. UNIV. GAND

INTRODUCTION. — Le problème de la poutre finie reposant sur un terrain élastique est résolu depuis longtemps par des ingénieurs mathématiciens (1). — Toutefois, les solutions fournies jusque dans les derniers mois ne sont pas applicables en bureau d'études industriel parcequ'elles exigent trop de temps.

Le seul cas résolu pratiquement est celui de la poutre infinie; on connait en effet — voir p. ex. notre stabilité de constructions vol. II — les lignes d'influence de M, T et p en un point quelconque (ces lignes sont les mêmes pour tous les points). — Malheuresement aucune poutre n'est infinie et même si elles sont très longues elles ont des extrémités où les lignes d'influence connues ne sont plus applicables.

Dans un mémoire récent (2) BLEICH a montré comment on peut déduire la solution de la poutre finie en se servant des lignes d'influence de la poutre infinie. Son procédé, que nous exposons plus loin, est très élégant et simple.

Nous l'avons appliqué — comme expliqué ci-après — à la récherche des lignes d'influence en tous les points d'une poutre qui n'est infinie que dans une seule direction. — Ayant ces lignes — qu'on trouvera dans les planches annexées — on peut se baser sur elles pour appliquer l'idée de Bleich mais en la simplifiant considérablement; le problème à 4 inconnues devant lequel se trouve Bleich devient un problème à 2 inconnues.

Enfin, poussant plus loin encore la simplification, nous avons imaginé un procédé pour passer de la poutre infinie dans une direction à la poutre finie en faisant des aproximations successives — genre méthode de Cross —; la convergence étant très rapide, en général il suffite de la première étape. — Elle n'est toutefois applicable qu'aux poutres assez longues.

Ayant ainsi exposé notre programme, nous en abordons les points un à un.

Exposé de l'idée de Bleich

Ayant à traiter le cas de la poutre AB (fig. 1a) avec des charges quelconques P_1, P_2... Bleich considère d'abord la poutre infinie qui a en A et B des moments flechissants et efforts tranchants connus M_A, T_A, M_B, et T_B (fig. 1b).

Il cherche ensuite (fig. 1c) les forces T_1, T_2, T_3 et T_4 qu'il faut y superposer pour que la sollicitation d'ensemble par les P et les T produise

$$M_A = 0 \qquad T_A = 0 \qquad M_B = 0 \qquad T_B = 0$$

comme c'est le cas dans la poutre finie.

Pour arriver par ex. à faire $M_A = 0$, il considère la ligne d'influence des M en un point quelconque 0 de la poutre infinie (fig. 2) il y superpose la poutre finie AB en mettant A au droit de 0; le point B vient à une distance de l'origine 0 égale à aL; rappelons, en effet, que la ligne d'influence tracée une fois pour toutes a comme abscisse ax où

$$a = \sqrt[4]{\frac{K.\ b}{4.\ E.\ I}}$$

(K = raideur du terrain, b = largeur de la poutre, I son moment d'inertie).

Bleich place les forces auxiliaires T de telle façon que l'abscisse de T_1 soit $-\pi/4$ et celle de $T_2 = -\pi/2$;

(1) Voir p. ex. K. Hayashi «Théorie des Trägers auf Elastischer Unterlage» — Berlin, Springer.
(2) Voir H. Bleich «Berechnung von Eisenbeton Streifenfundamentent»—Die Bautechnik Heft 37, August 1937, Seite 477.

T_3 et T_4 occuppent des positions symétriques par raport à AB (En principe la position de ces forces est arbitraire, mais les calculs se simplifient en les plaçant adroitement, par ex. de façon à ce que là où elles sont, les lignes d'influence aient certaines ordonnées nulles.

La condition $M_A = 0$ est alors

$$0 \times T_1 + 0{,}2079\ T_2 + 4.a.i_{M_3}.T_3 + 4\,a\,i_{M_4}.T_4 + 4\,a \sum_{A \equiv 0} P i_M = 0 \qquad (1)$$

En faisant ensuite coincider B avec 0, un raisonnement identique permet d'exprimer que $M_B = 0$ par

$$4.a.i_{M_1}.T_1 + 4.a.i_{M_2}.T_2 + 0 \times T_3 + 0{,}2079\ T_4 + 4.a. \sum_{B \equiv 0} P i_M = 0 \qquad (2)$$

Si on considère ensuite la ligne d'influence de T en 0 (fig. 3) on a pareillement les deux équations suivantes exprimant que $T_A = 0$ et $T_B = 0$

$$0{,}3224\ T_1 + 0 \times T_2 + 2.i_{T_3}.T_3 + 2.i_{T_4}.T_4 + 2 \sum_{A \equiv 0} P.i_T = 0 \qquad (3)$$

$$2.i_{T_1}.T_1 + 2i_{T_2}.T_2 - 0{,}3224\ T_3 + 0 \times T_4 + 2 \sum_{B \equiv 0} P.i_T = 0 \qquad (4)$$

De ces quatre équations Bleich tire T_1, T_2, T_3 et T_4 et le problème est résolu, le tronçon A. B. de la poutre infinie chargée des P et des T est identique à la poutre finie chargée des P.

A noter que si $aL > 5$ environ il y a dans chacune des équations des termes négligeables et elles se réduisent à

$$T_2 = -\frac{1}{0{,}2079} . \sum_{A \equiv} P.i_M \qquad (1')$$

$$T_4 = -\frac{1}{0{,}2079} . \sum_{B \equiv 0} P.i_M \qquad (2')$$

$$T_1 = -\frac{1}{0{,}3224} . \sum_{A \equiv 0} P.i_T \qquad (3')$$

$$T_3 = +\frac{1}{0{,}3224} . \sum_{B \equiv 0} P.i_T \qquad (4')$$

Notons enfin que les co icients numériques des équations de Bleich valent:

$$0{,}2079 = e^{-\pi/2} \qquad 0{,}3224 = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{-\pi/4}$$

Lignes d'influence de la poutre infinie dans une direction seulement

Nous allons expliquer comment nous avons appliqué l'idée de Bleich à la recherche des lignes d'influence de la poutre infinie dans une seule direction.

INFLUENCE DES M.

Soit à chercher la ligne d'influence de M en 0 (fig. 4) lorsque A est l'extrémité de la poutre à distance finie.

Faisons une coupure simple relative à M en 0 et appliquons aux lèvres de la coupure deux couples M_o égaux et de signe contraire. — L'élastique de la poutre ainsi sollicitée est la ligne d'influence cherché à une certaine échelle, plus exactement (voir notations de notre cours de stabilité)

$$i_M = -\frac{y_{21}}{y_{11}}$$

Pour trouver l'élastique appliquons l'idée de Bleich; cherchons d'abord l'élastique pour la poutre infinie dans les deux sens; superposons y ensuite 1° l'élastique de la même poutre sollicitée par une force T_1 (fig. 5) située à une distance de $\pi/4$ à gauche de A.; 2° l'élastique de la même poutre sollicitée par une force T_2 située à $\pi/2$ à gauche de A.

Ces forces T_1 et T_2 seront choisies de telles façon que l'ensemble T_1, T_2 et M_0 donnent en A $M_A = 0$ et $T_A = 0$.

L'élastique de la poutre infinie sollicitée par M_0 en 0 est connue; elle a la même forme que la ligne d'influence de M en 0 pour cette poutre. En fait:

$$y_{21} = \frac{1}{2.\ a^2.\ E.\ I}\ \varphi_2\ (a\,x)\ .\ M_0$$

$$y_{11} = -\frac{2}{a.\ E.\ I}\ M_0$$

φ_2 (ax) étant la fonction:

$$\varphi_2\ (a\,x) = -\frac{\cos a\,x - \sin a\,x}{e^{a\,x}}$$

(voir notre stabilité des constructions Vol. II)

Les M et T dans cette poutre valent:

$$M = -\ \varphi_1\ (a\,x)\ .\ M_0$$

$$T = 2.\ a\ \frac{\sin a\,x}{e^{a\,x}}\ M_0$$

avec

$$\varphi_1\ (a\,x) = \frac{\cos a\,x + \sin a\,x}{e^{a\,x}}$$

Cela étant figeons l'articulation 0 tout en maintenant la poutre infinie dans les deux sens déformée par les couples M_0 et appliquons y les forces T_1 et T_2. — Les deux équations suivantes expriment que

$$M_A = 0 \qquad T_A = 0 \qquad (\text{en posant } A\,0 = x_1)$$

$$0 \times T_1 + 0{,}2079\ T_2 - 4.\ a.\ \varphi_1\ (a\,x_1)\ .\ M_0 = 0$$

$$0{,}3224\ T_1 + 0 \times T_2 - 2 \times 2.\ a.\ \frac{\sin a\,x_1}{e^{a\,x_1}}\ M_0 = 0$$

d'où

$$T_1 = +\ \frac{4\ a}{0{,}3224}\ .\ \frac{\sin a\,x_1}{e^{a\,x_1}}\ .\ M_0$$

$$T_2 = +\ \frac{4\ a}{0{,}2079}\ .\ \varphi_1\ (a\,x_1)\ .\ M_0$$

Les trois élastiques à superposer sont dès lors:

$$1^0 - \text{pour } M_0 \qquad +\ \frac{1}{2.\ a^2.\ E\,I}\ \varphi_2\ (a\,x)\ .\ M_0$$

$$2^0 - \text{pour } T_1 \qquad +\ \frac{T_1\ .\ a}{2\ .\ k\ .\ b}\ \varphi_1\ (a\,x + a\,x_1 + \pi/4)$$

$$3^0 - \text{pour } T_2 \qquad +\ \frac{T_2\ .\ a}{2\ .\ k\ .\ b}\ \varphi_1\ (a\,x + a\,x_1 + \pi/2)$$

Par addition et division par y_{11} il en résulte après quelques calculs:

$$i_M = \frac{1}{4a} [\psi_2 - \psi_1 - A_1 \psi_2 + A_2 \psi_1]$$

$$A_1 = (\psi'_1 + \psi'_2)^2 + 2\psi'^2_2$$

$$A_2 = (\psi'_1 + \psi'_2)^2 - 2\psi'^2_2$$

Nous utilisons ici pour la facilité les fonctions

$$\psi_1 = \frac{\cos ax}{e^{ax}} \qquad \psi_2 = \frac{\sin ax}{e^{ax}}$$

et nous désignons par ψ'_1 et ψ'_2 les valeurs de ces fonctions pour $ax = ax_1$

A remarquer que dans la parenthèse de l'expression de i_M il faut — dans les deux premiers termes $(\psi_2 - \psi_1)$ — mettre la valeur absolue de ax et non sa valeur algébrique.

INFLUENCE DES T

Soit à chercher la ligne d'influence de T en 0 (fig. 6). Faisons une coupure simple relative à T en O en appliquons aux lèvres de la coupure deux forces To égales et de signe contraire. — L'élastique de la poutre ainsi sollicitée est la ligne d'influence cherchée à une certaine échelle; plus exactement:

$$i_T = -\frac{Y_{21}}{Y_{11}}$$

Pour trouver l'élastique appliquons l'idée de Bleich; cherchons d'abord l'élastique de la poutre infinie dans les deux sens; superposons y ensuite: 1° l'élastique de la même poutre sollicitée par une force T_1 (fig. 5) située à $\pi/4$ à gauche de A.

2° l'élastique de la même poutre sollicitée par une force T_2 situé à $\pi/2$ à gauche de A.

Ces forces T_1 et T_2 seront choisies de telle façon que l'ensemble T_1, T_2 et T_0 donne em A

$$M_A = 0 \qquad \text{et} \qquad T_A = 0$$

L'élastique de la poutre infinie sollicitée par T_0 en 0 est connue; elle a la même forme que la ligne d'influence de T en 0 pour cette poutre. En fait:

$$y_{21} = \frac{1}{2\, a^3 E I} - \varphi_3 (ax)\, T_0$$

avec

$$\varphi_3 (ax) = \frac{\cos ax}{e^{ax}}$$

$$y_{11} = \frac{1}{a^3 \,.\, E I} T_0$$

Les M et T dans cette poutre valent

$$M = \frac{1}{a} \,.\, \frac{\sin ax}{e^{ax}} \,.\, T_0$$

$$T = -\varphi_2 (ax) \,.\, T_0$$

Cela étant figeons la coupure en 0 tout en maintenant la poutre infinie dans les deux sens déformée par les deux forces T_0 en 0 et appliquons y les forces T_1 et T_2. — Les deux équations suivantes expriment que :

$$M_A = 0 \qquad T_A = 0$$

$$O \times T_1 + 0{,}2079\, T_2 - 4 \frac{\sin a x_1}{e^{a x_1}} T_0 = 0$$

$$0{,}3224\, T_1 + 0 \times T_2 - 2 \,.\, \varphi_2 (a x_1) \,.\, T_0 = 0$$

d'où

$$T_1 = + \frac{2}{0{,}3224} \,.\, \varphi_2 (a x_1) .\, T_0$$

$$T_2 = + \frac{4}{0{,}2079} \,.\, \frac{\text{sen}\, a x_1}{e^{a x_1}} \,.\, T_0$$

Les trois élastiques à superposer sont dès lors :

1^0 — pour T_0 $\qquad + \dfrac{1}{2 \,.\, a^3 .\, E\, I} \varphi_3 (a x) \,.\, T_0$

2^0 — pour T_1 $\qquad + \dfrac{T_1 \,.\, a}{2 \,.\, k \,.\, b} \varphi_1 (a x + a x_1 + \pi/4)$

3^0 — pour T_2 $\qquad + \dfrac{T_2 \,.\, a}{2 \,.\, k \,.\, b} \varphi_1 (a x + a x_1 + \pi/2)$

Par addition et division par $(-y_{11})$ il en résulte après quelques calculs :

$$i_T = \frac{1}{2} [-\psi_1 + A_3\, \psi_2 + A_4\, \psi_1]$$

$$A_3 = 2\, \psi'^2_2$$

$$A_4 = (\psi'_1 - \psi'_2)^2$$

A remarquer que dans le premier terme de la parenthèse i_T (c'est-à-dire $-\psi_1$) il faut pour $x < O$ placer la valeur absolue de x et changer le terme de signe.

INFLUENCE DES P

Soit à chercher la ligne d'influence de p en 0 (fig. 7). Remarquons que $p = Ky$ de sorte que la ligne d'influence de p est celle de y au facteur K près.

Or, celle de y est l'élastique de la poutre pour $P_0 = 1$ en 0.

Pour la trouver appliquons l'idée de Bleich. — Cherchons d'abord l'élastique pour la poutre infinie dans les deux sens ; superposons y ensuite :

1° l'élastique de la même poutre sollicitée par une force T_1 (fig. 5) située à $\pi/4$ à gauche de A ;

2° l'élastique de la même poutre sollicitée par une force T_2 située à $\pi/2$ à gauche de A.

Ces forces T_1 et T_2 seront choisies de telle façon que l'ensemble T_1 T_2 et P_0 donne en A :

$$M_A = 0 \quad \text{et} \quad T_A = 0$$

L'élàstique de la poutre infinie sollicitée par P_0 en 0 est connue ; elle a la même forme que la lingne d'influence de p en 0 pour cette poutre.

En fait :

$$y_0 = \frac{a}{2 .\, k .\, b} \varphi_1 (ax)$$

Les M et T dans cete poutre en A valent :

$$M_A = \frac{1}{4\ a}\ \varphi_2\ (ax_1)$$

$$T_A = \frac{1}{2}\ \varphi_3\ (ax_1)$$

Les deux équations suivantes expriment que $M_A = 0$ et $T_A = 0$

$$O \times T_1 + 0{,}2079\ T_2 + \varphi_2\ (ax_1) = 0$$

$$+\ 0{,}3224\ T_1 + O \times T_2 - \varphi_3\ (ax_1) = 0$$

d'où

$$T_1 = +\ \frac{1}{0{,}3224}\ \varphi_3\ (ax_1)$$

$$T_2 = -\ \frac{1}{0{,}2079}\ \varphi_2\ (ax_1)$$

Les élastiques sous l'action de ces forces sont :

$$y_1 = \frac{T_1\ .\ a}{2.\ k.\ b}\ \varphi_1\ (ax + ax_1 + \pi/4)$$

$$y_2 = \frac{T_2\ .\ a}{2.\ k.\ b}\ \varphi_1\ (ax + ax_1 + \pi/2)$$

Par addition on trouve après quelques calculs :

$$i_p = \frac{a}{2\ b}\ (\psi_1 + \psi_2 - A_5\ \psi_2 + A_6\ \psi_1)$$

$$A_5 = (\psi'_1 + \psi'_2)^2 - 2\ \psi'^2_2$$

$$A_6 = (\psi'_1 - \psi'_2)^2 + 2\ \psi'^2_1$$

A remarquer que dans les deux premiers termes de la parenthèse de i_p (donc dans $\psi_1 + \psi_2$) il y a lieu de mettre ax en valeur absolue.

Explication des planches annexées

En appliquant les formules établies ci-dessus nous avons calculé trois familles de lignes d'influence en les mettant sous les formes suivantes :

$$i_M = \frac{1}{4\ a}\ .\ K_M$$

$$i_T = \frac{1}{2}\ .\ K_T$$

$$i_p = \frac{a}{2\ b}\ .\ K_p$$

Nos courbes donnent les valeurs numériques de K_M, K_T et K_P qui sont des nombres abstraits. — En abscisse nous avons porté ax mais en prenant comme origine l'extrèmité A de la poutre située à distance finie contrairement à ce qui est fait ci-dessus.

Cela nous donne trois planches (1)

Planche I pour les K_M
Planche II » » K_T
Planche III » » K_p'

En vue de la théorie qui va suivre nous avons également calculé les lignes des M, T et p pour les deux sollicitations suivantes :

1° Un couple $M_0 = 1$ en A dans le sens antihorlogique ;

2° Une force $F_0 = 1$ en A vers le bas.

Ces lignes sont représentées sur la planche IV.

Enfin signalons que dans une série de tableaux (V à VII) nous avons consigné les valeurs des ordonnées des différentes courbes qui sont sur nos planches I à III.

Méthode de Bleich simplifiée

L'usage des lignes figurées sur nos planches I à III permet de simplifier la méthode de Bleich.

En effet, devant traiter le cas de la poutre AB (fig. 8) il suffit de l'assimiler à un tronçon de poutre infinie dans un sens (fig. 8) à laquelle nous ajoutons 2 forces T_3 et T_4 placées arbitrairement.

On placera de préférence T_3 en un point où la ligne d'influence de T en B a une ordonnée nulle.

Dans ces conditions on écrit de suite les deux équations que expriment $M_B = 0$ et $T_B = 0$ et chacune de ces équations ne renferme qu'une inconnue ; on a donc la solution exacte explicitement.

Notre méthode pour la poutre finie

Il y a encore un autre moyen. Soit la poutre AB portant P_1, P_2.... (fig. 9-a).

Considérons la poutre infinie à droite de A (fig. 9-b); nos lignes d'influence donnent tous les M, T et p. —Elle est le siège en B d'un M_B et T_B connus.

Etudions l'effet sur AB de $-M_B$ et $-T_B$ en B (fig. 9-c) — effet qu'il suffit de superposer à celui de la figure 9-b pour avoir celui de la figure 9-a. — Pour cela supposons la poutre infinie à gauche de B (fig. 9-d). — Les courbes de notre planche IV donnent de suite les M, T et p. — Toutefois cette poutre (fig. 9-d) est le siège en A d'un M_A et T_A. — Il faut superposer à la sollicitation envisagée en fig. 9-d l'effet de $-M_A$ et $-T_A$ (fig. 9-e) ; cet effet se trouve en supposant d'abord la poutre infinie à droite de A (fig. 9-f).

Bref, on conçoit que par des approximations successives on puisse trouver la solution avec telle exactitude qu'on désire.

En fait, il suffira quasi toujours de considérer les cas b et d car les valeurs de M_A et T_A du cas d sont extrèmement petites.

L'application qui suit montrera cela à l'évidence.

Cette méthode ne réussit bien que pour des poutres telles que $aL > 2{,}5$ environ.

Application numérique par la méthode de Bleich

Nous reprenons l'exemple de Bleich (fig. 10). — On suppose $L = 22$ m. ; $K = 4$ Kg/cm3 ; $E = 210$ t/cm2 ; $b = 1{,}73$ m. et $I = 0.9 + 10^8$ cm^4.

Il en résulte :

$$a = \sqrt[4]{\frac{k\ b}{4\ E\ I}} = 0{,}00174\ \text{cm}^{-1}$$

(nous prenons la largeur $b = 1{,}73$ m. au lieu de 1,60 m. de Bleich pour arriver au même «a» que Bleich, qui se trompe légèrement dans le calcul de ce coéfficient).

(1) Mr. l'ingénieur Pricero nous a montré antérieurement certaines des courbes figurant sur nos plances. Il les avait calculées en partant de l'équantion différentielle de l'élastiqne. — Ses résultats n'ont jamais été publiés à notre connaissance.

Il en résulte :

$$aL = 0{,}00174 \times 2.200 = 3{,}83$$

Cela étant nous sommes en mesure de placer la poutre finie AB sur la poutre infinie (fig. 11) et d'indiquer les positions des forces auxiliaires T_1, T_2, T_3, et T_4. — Cherchons d'abord à l'aide des lignes d'influence de la poutre infinie.

$$4.\ a.\ \sum_{A=0} P.\, i_M = 80\ (-0{,}221 + 0{,}189) = -2{,}56$$

$$4.\ a.\ \sum_{B=0} P.\, i_M = 80\ (+0{,}189 + 0{,}031) = +17{,}60$$

$$2.\ \sum_{A=0} P.\, i_t = 80\ (-0{,}516 + 0{,}049) = -37{,}36$$

$$2.\ \sum_{B=0} P.\, i_t = 80\ (-0{,}049 - 0{,}036) = -6{,}80$$

Les équations de Bleich sont donc :

$$O \times T_1 + 0{,}208\ T_2 - 0{,}009\ T_3 - 0{,}006\ T_4 = +2{,}56$$
$$-0{,}009\ T_1 - 0{,}006\ T_2 + O \times T_3 + 0{,}208\ T_4 = -17{,}60$$
$$0{,}322\ T_1 + O \times T_2 + 0{,}001\ T_3 - 0{,}003\ T_4 = +37{,}36$$
$$-0{,}001\ T_1 + 0{,}003\ T_2 - 0{,}322\ T_3 + O \times T_4 = +6{,}80$$

D'où

$$T_1 = 115{,}4 \text{ t.} \qquad T_2 = 8{,}9 \text{ t.}$$
$$T_3 = -21{,}5 \text{ t.} \qquad T_4 = -79{,}3 \text{ t.}$$

Les courbes des M, T et p dans la poutre AB en résultent sans peine.

Désire-t-on par ex. le moment sous la force de 80 t. de droite, on placera les forces 80; 80; T_1; T_2; T_3 et T_4 sur la ligne d'influence des M pour la poutre infinie de façon à faire coincider la force de 80 t. de droite avec le point 0 de la ligne d'influence ; on trouve :

$$M = \frac{1}{4 \times 0{,}00174} (-80 \times 1{,}000 + 80 \times 0{,}200 + 115.4 \times 0{,}090 + 8{,}9 \times 0{,}018 - $$
$$- 21{,}5 \times 0{,}090 - 79{,}3 \times 0{,}018) = -8170 \text{ tcm.}$$

soit — 81,7 tm.

Notons en passant qu'en négligent les termes non principaux dans les 4 équations en T on trouve :

$$T_1 = \frac{37{,}36}{0{,}322} = 116{,}0 \text{ t.} \qquad T_2 = \frac{2{,}56}{0{,}208} = 12{,}3 \text{ t.}$$

$$T_3 = -\frac{6{,}80}{0{,}322} = -21{,}1 \text{ t.} \qquad T_4 = -\frac{17{,}6}{0{,}208} = -84{,}5 \text{ t.}$$

Cela donnerait pour le moment cherché plus haut :

$$M = \frac{1}{4 \times 0{,}00174} (-80 \times 1{,}000 + 80 \times 0{,}200 + 116{,}0 \times 0{,}090 + 12{,}3 \times 0{,}018 - $$
$$- 21{,}1 \times 0{,}090 - 84{,}5 \times 0{,}018) = -8160 \text{ tcm.}$$

soit — 81,6 tm. ce qui est le même résultat que plus haut.

Pourtant nous n'aurions pas pu faire l'approximation indiquée par Bleich dans ce cas, car aL = 3,83 n'est pas égal ou supérieur à 5.

Signalons que si la réaction du sol était linéaire, — cas de la poutre de raideur infinie — on aurait au point étudié M = — 120 tm. ce qui est très éloigné de la solution exacte.

Application numérique de la méthode de Bleich simplifiée par nous

Nous reprenons le même problème, mais utilisons cette fois les lignes d'influence de la poutre infinie dans un sens seulement (planches I et II).

Plaçons la poutre AB au dessus de la poutre infinie en faisant coïncider A avec l'extrémité de cette poutre à distance finie (fig. 12). Le point B vient en un point de la poutre infinie où l'on connait les lignes d'influence des M et T. — Ainsi elles nous apprennent que sous l'action des deux forces de 80 t. on a:

$$4\ a\ M_B = 80\ (+\ 0{,}189 + 0{,}031) = +\ 17{,}6\ \text{t.}$$

$$2\ T_B = 80\ (-\ 0{,}048 - 0{,}036) = -\ 6{,}72\ \text{t.}$$

Superposons à la sollicitation deux forces auxiliaires T_3 et T_4 choisies de façon à annuler M_B et T_B ; leur place est en principe arbitraire, toutefois il est bon de les placer de telle façon que là où est l'une la ligne d'influence des M_B a une ordonnée nulle; là où est l'autre la ligne d'influence des T_B a une ordonnée nulle (si ce n'était pas possible on placerait les forces T_1 et T_2 à un endroit quelconque de la poutre infinie). — Dans le cas concret qui nous occupe on placera T_3 et T_4 aux endroits indiqués sur la (fig. 12).

Les deux équations exprimant $M_B = 0$ et $T_B = 0$ sont donc ici:

$$0 \times T_3 + 0{,}208\ T_4 + 17{,}6 = 0$$

$$0 \times T_4 - 0{,}322\ T_3 - 6{,}72 = 0$$

d'où

$$T_4 = -\frac{17{,}6}{0{,}208} = -84{,}61$$

$$T_3 = -\frac{6{,}72}{0{,}322} = -20{,}87$$

Dès lors on trouve aisément le moment au droit de la force de droite de 80 t. en se basant sur la ligne d'influence de M en ce point C.

$$4\ a\ M_c = 80\ (-\ 1{,}031 + 0{,}37) - 84{,}61 \times (+\ 0{,}019) - 20{,}87 \times (+\ 0{,}09) =$$

$$= -\ 52{,}88 - 1{,}88 - 1{,}61 = -\ 56{,}37$$

$$M_c = -\frac{56{,}37}{4 \times 0{,}00174} = -\ 8110\ \text{tcm.} = -\ 81{,}1\ \text{tm.}$$

contre — 81,6 trouvé ci – dessus.

La différence très légère tient aux interpolations.

Application numérique de notre méthode

Reprenons encore le même exemple. — Comme sur la figure 12 et au n° précédent calculons que dans la poutre infinie on a sous les deux forces de 80 t.

$$4\ a\ M_B = +\ 17{,}6$$
$$2\ T_B = -\ 6{,}72$$

et au droit de la force de droite de 80 t. on a d'après la ligne d'influence correspondante (planche I)

$$4\ a\ Mc = 80\ (-1{,}031 + 0{,}37) = -\ 52{,}88\ \text{t.}$$

Nous voulons chercher la valeur de ce moment pour la poutre finie en B par.
Sollicitons pour cela la poutre finie en B par:

$$M = -\frac{1}{4\,a} \times 17{,}6 \qquad F = -\frac{1}{2} \times 6{,}72$$

Cherchons l'effet de cette sollicitation par approximations successives. — Supposons d'abord la poutre infinie à gauche de A. — La planche IV donne dans ces cas:

1° Sous M en B:

$$Mc = -\frac{1}{4\,a}\ 17{,}6 \times 0{,}092 = -\frac{1}{4\,a} \times 1{,}62$$

$$M_A = +\frac{1}{4\,a} \times 17{,}6 \times 0{,}031 = +\frac{1}{4\,a} \times 0{,}55$$

$$T_A = -\frac{1}{4\,a}\ 17{,}6 \times 0{,}027\ a = -\frac{1}{2} \times 0{,}96$$

2° Sous T en B:

$$M_c = -\frac{1}{2} \times 6{,}72 \times \frac{0{,}140}{a} = -\frac{1}{4\,a} \times 1{,}88$$

$$M_A = +\frac{1}{2} \times 6{,}72 \times \frac{0{,}014}{a} = +\frac{1}{4\,a} \times 0{,}18$$

$$T_A = +\frac{1}{2} \times 6{,}72 \times 0{,}004 = +\frac{1}{2} \times 0{,}030$$

Cela nous permet déjà de corriger le moment M_C de la poutre infinie par:

$$\frac{1}{4\,a}\,(-1{,}62 - 1{,}88) = -\frac{1}{4\,a} \times 3{,}50$$

une valeur déjà plus exacte de ce moment est donc

$$M_c = \frac{1}{4\,a}\,(-52{,}88 - 3{,}50) = -\frac{1}{4\,a} \times 56{,}38$$

Toutefois le calcul de correction précédent suppose que la poutre AB soit infinie à gauche de A, et est donc le siège d'un M et T valant:

$$M_A = \frac{1}{4\,a}\,(0{,}55 + 0{,}18) = \frac{1}{4\,a} \times 0{,}73$$

$$T_A = -\frac{1}{2}\,(0{,}96 - 0{,}03) = -\frac{1}{2} \times 0{,}93$$

Nous devons superposer à cette sollicitation celle de la poutre AB avec en A

$$M = -\frac{1}{4\,a} \times 0{,}73$$

$$F = +\frac{1}{2} \times 0{,}93$$

Pour en trouver l'effet, on suppose la poutre infinie à droite de B.

Toutefois, vu la petitesse des corrections encore à faire, il est inutile en pratique d'insister et nous avons la solution quasi exacte.

Elle est d'ailleurs pratiquement la même que celle par les deux autres méthodes.

Fond d'un bassin de natation

Soit le cas (fig. 13) d'un bassin de 3 m. de profondeur avec chemin de circulation en porte à faux sur 2.50 m. et devant porter 400 Kg/m2.

Sous le poids de l'eau agissant sur le fond, pas plus que sous le poids mort du fond, le radier n'est fléchi ; les réactions du sol équilibrant directement les forces sollicitantes citées.

Par contre, le radier est fléchi sous l'action du moment d'encastrement de la paroi dans le fond (en A) et sous l'action verticale de cette paroi sur le fond. — Un calcul facile donne :

$$M_A = 7{,}45 \quad \text{tm.} \qquad\qquad F_A = 3{,}6 \ \text{t.}$$

pour une tranche de 1 m.

Avec K = 4 Kg/cm3 on a :

$$a = \sqrt[4]{\frac{4 \times 100 \times 12}{4 \times 210.000 \times 100 \times 30^3}} = 0{,}00672$$

On a donc $aL = 12 \times 0{,}00672 = 8{,}06$

de sort que pour étudier l'extrêmité voisine de A (ou de B) il suffit de supposer la poutre infinie à droite (à gauche).

On voit immédiatement qu'avec ces données et les informations fournies par notre planche IV on peut tracer la courbe des M dans le radier. — Elle est représentée sur la fig. 14.

Applications importantes

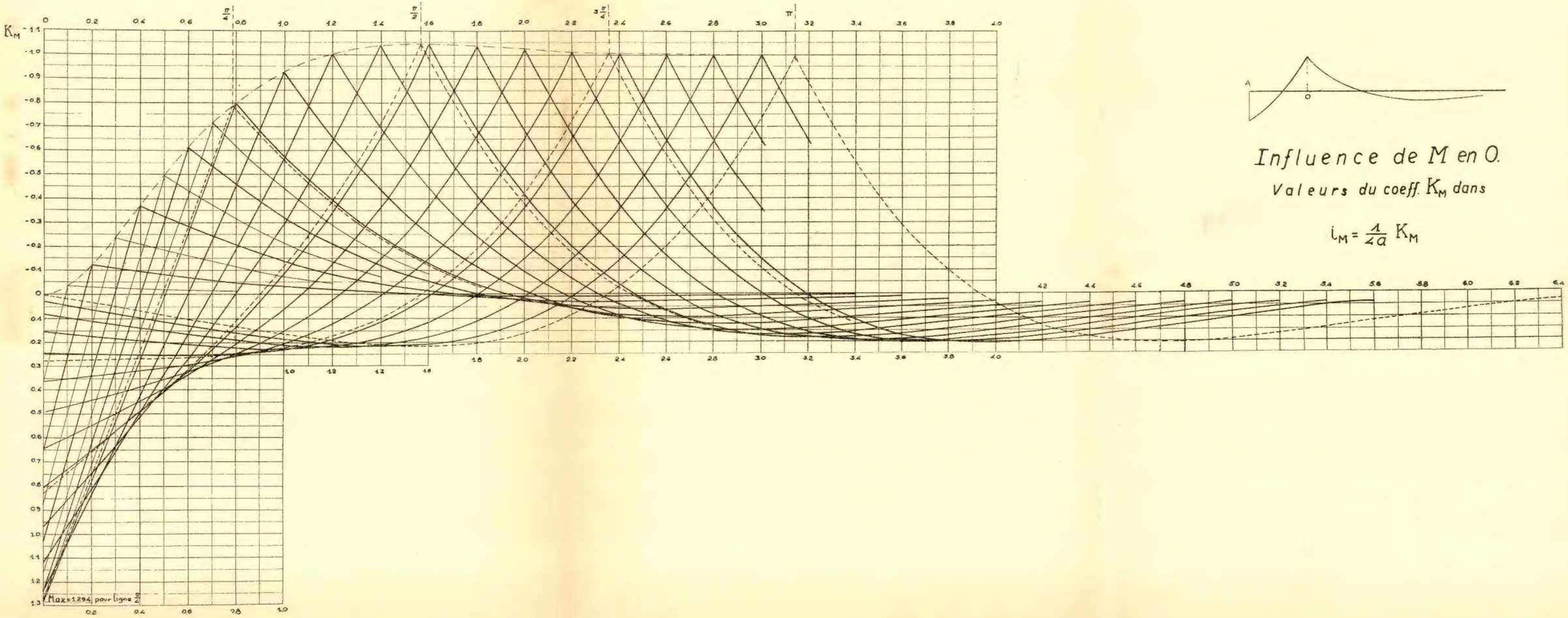
Nous signalons ici deux applications très importantes qui nous ont d'ailleurs incité à étudier le problème faisant l'object du présent mémoire.

Un mur de quai — mur de gravité — sur lequel se trouve un des chemins de roulement d'une grue portique.

Un tunnel en béton armé, tel que celui de la jonction NORD-MIDI à Bruxelles, et sur lequel on se propose de construire des imeubles à étages multiples.

Nous croyons que le mémoire ci-dessus facilitera grandement la solution de ces problemes et de bien d'autres.

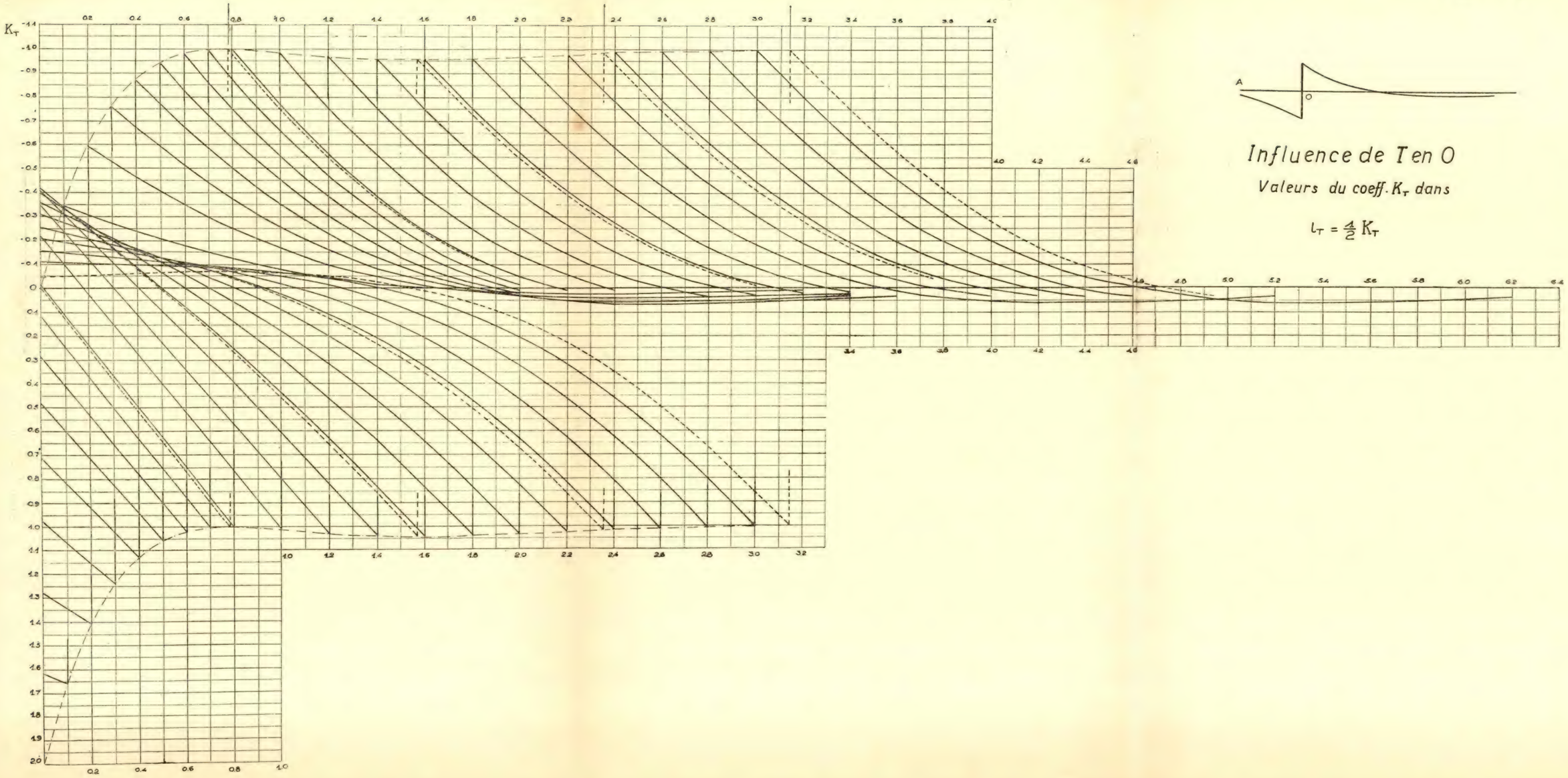
Gand, Octobre 1937.



Influence de M en O.

Valeurs du coeff. K_M dans

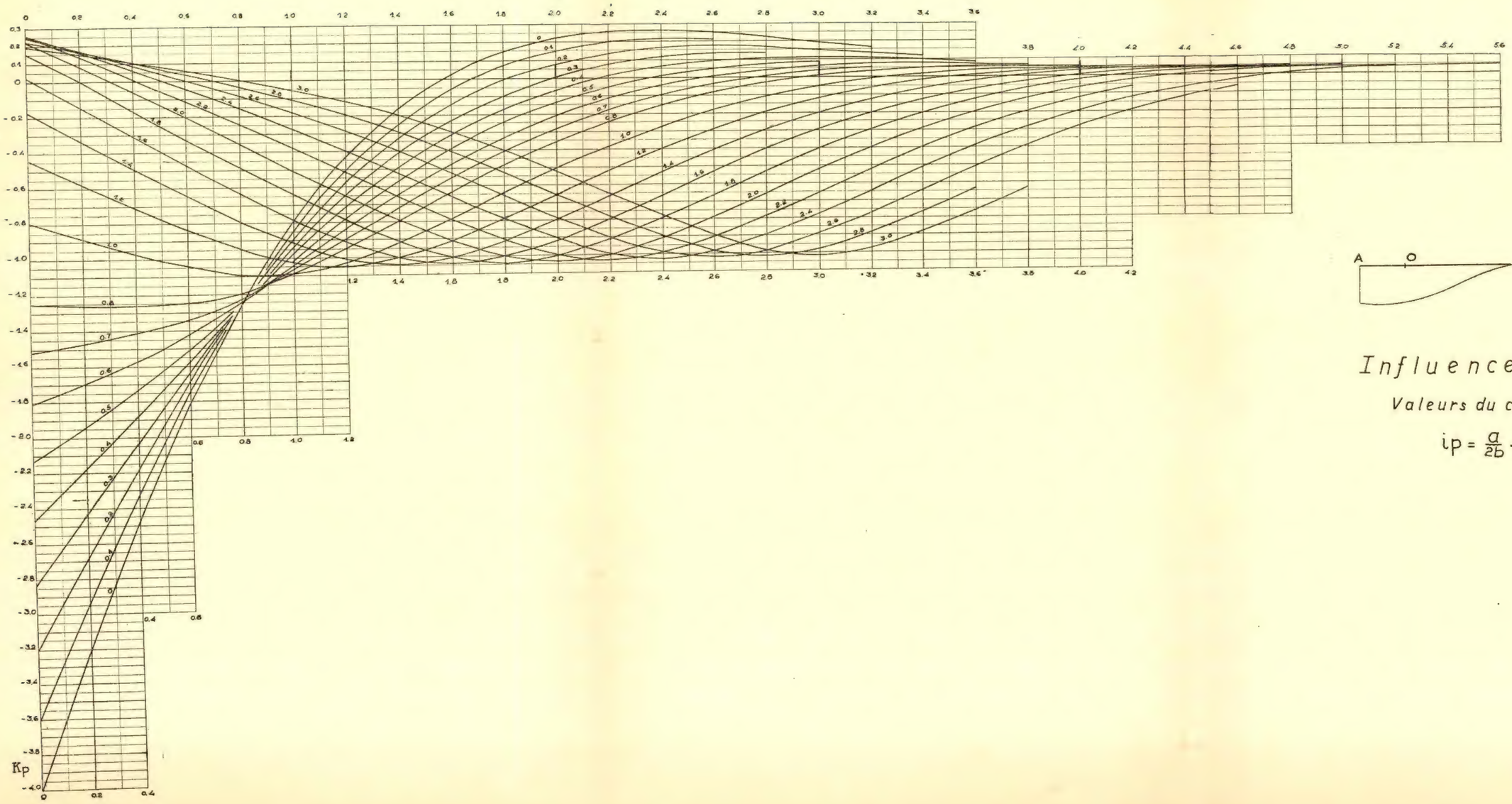
$$i_M = \frac{1}{4a} K_M$$



Influence de T en O

Valeurs du coeff. K_T dans

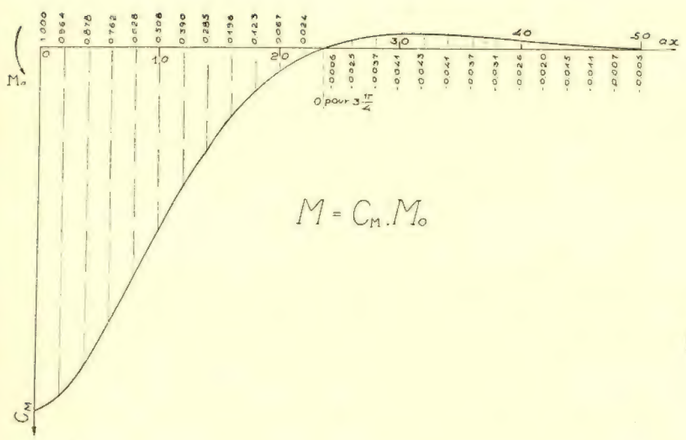
$l_T = \frac{1}{2} K_T$

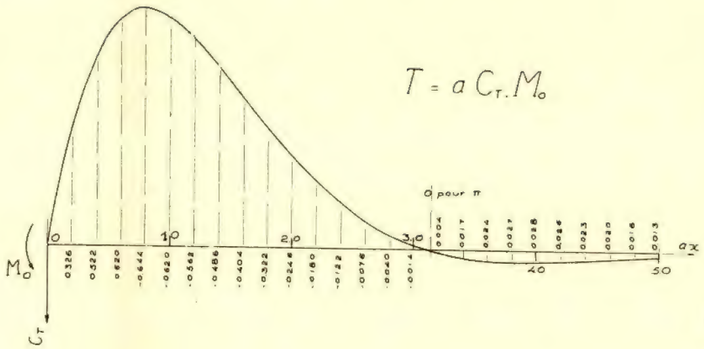


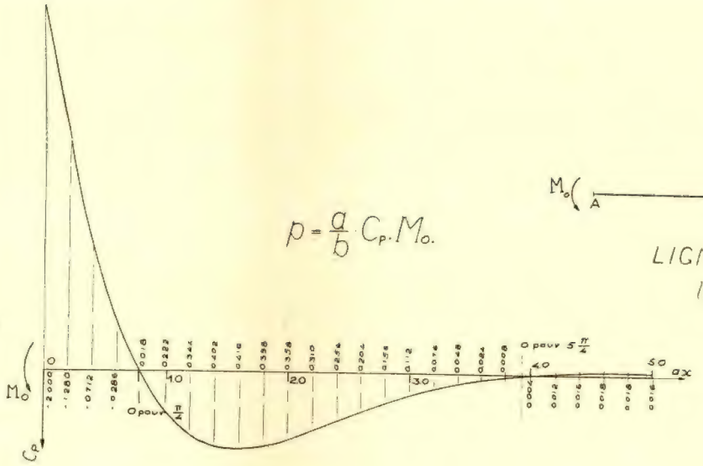
Influence de p en O.

Valeurs du coeff. Kp dans

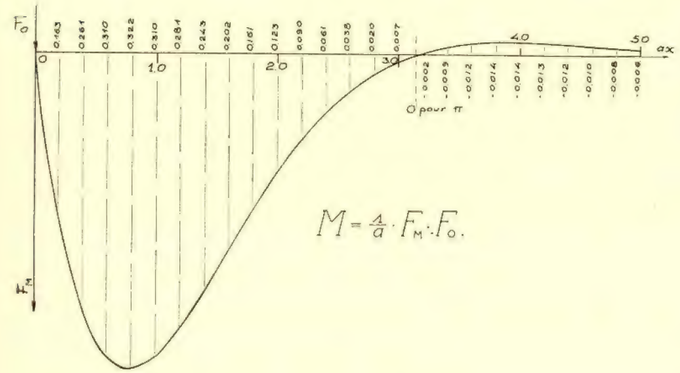
$i_p = \frac{a}{2b} \cdot K_p$

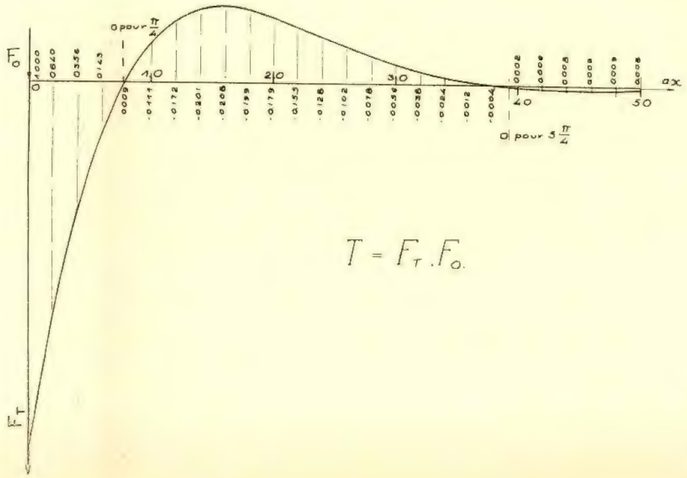


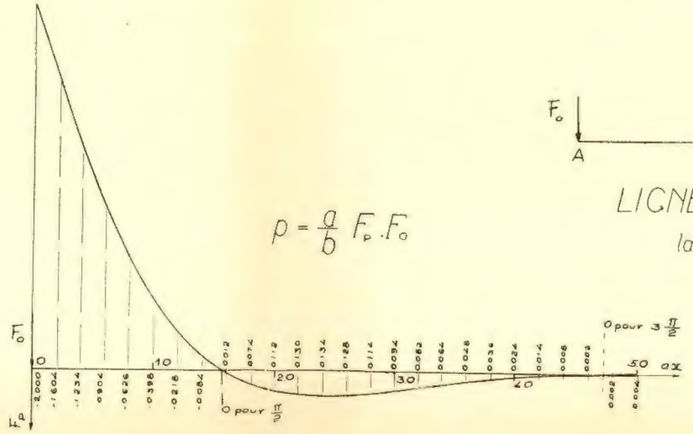




LIGNES DE M.T ET p pour la sollicitation $M_o = 1$







LIGNES DE M.T et p pour la sollicitation $F_o = 1$

Tableau donnant les valeurs de K_M
dans

$$i_M = \frac{1}{4a} \cdot K_M$$

PL V

LIGNE D'INFLUENCE DE M AU POINT: —▼

LIGNE DE M POUR UNE FORCE UNITÉ AU POINT: —▶

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
0	0	+0,360	+0,651	+0,877	+1,036	+1,162	+1,240	+1,280	+1,287	+1,241	+1,125	+0,972	+0,808	+0,644	+0,492	+0,360	+0,244	+0,152	+0,080	+0,028
0,2	0	−0,032	−0,122	+0,135	+0,336	+0,504	+0,630	+0,720	+0,780	+0,833	+0,811	+0,745	+0,651	+0,545	+0,439	+0,340	+0,249	+0,173	+0,110	+0,061
0,4	0	−0,025	−0,095	−0,209	−0,369	−0,158	+0,016	+0,156	+0,268	+0,421	+0,495	+0,513	+0,492	+0,443	+0,384	+0,320	+0,252	+0,193	+0,140	+0,096
0,6	0	−0,018	−0,071	−0,158	−0,280	−0,429	−0,610	−0,420	−0,256	−0,002	+0,167	+0,270	+0,322	+0,335	+0,322	+0,294	+0,253	+0,210	+0,168	+0,128
0,8	0	−0,013	−0,050	−0,113	−0,202	−0,315	−0,452	−0,616	−0,804	−0,450	−0,184	−0,007	+0,133	+0,210	+0,249	+0,258	+0,246	+0,223	+0,192	+0,160
1,0	0	−0,008	−0,033	−0,076	−0,137	−0,217	−0,317	−0,439	−0,581	−0,933	−0,571	−0,291	−0,084	+0,059	+0,153	+0,205	+0,226	+0,226	+0,211	+0,186
1,2	0	−0,004	−0,019	−0,046	−0,084	−0,138	−0,206	−0,291	−0,395	−0,659	−1,006	−0,635	−0,346	−0,129	+0,024	+0,127	+0,186	+0,214	+0,219	+0,208
1,4		−0,002	−0,008	−0,022	−0,044	−0,075	−0,118	−0,174	−0,244	−0,433	−0,694	−1,037	−0,662	−0,368	−0,146	+0,012	+0,117	+0,180	+0,210	+0,217
1,6		+0	−0,002	−0,006	−0,013	−0,029	−0,051	−0,084	−0,126	−0,253	−0,441	−0,696	−1,043	−0,667	−0,371	−0,149	+0,009	+0,116	+0,179	+0,210
1,8		+0,002	+0,004	+0,006	+0,007	+0,004	−0,003	−0,017	−0,039	−0,115	−0,241	−0,404	−0,693	−1,037	−0,661	−0,367	−0,146	+0,011	+0,117	+0,180
2,0		+0,002	+0,007	+0,014	+0,022	+0,026	−0,029	+0,028	+0,022	−0,016	−0,093	−0,221	−0,414	−0,679	−1,026	−0,653	−0,361	−0,143	+0,013	+0,118
2,2		+0,003	+0,009	+0,018	+0,030	+0,040	+0,049	+0,057	+0,061	+0,052	+0,014	−0,067	−0,200	−0,396	−0,665	−1,016	−0,646	−0,357	−0,140	+0,015
2,4		+0,003	+0,009	+0,019	+0,033	+0,045	+0,060	+0,072	+0,083	+0,094	+0,084	+0,042	−0,043	−0,180	−0,381	−0,654	−1,007	−0,641	−0,354	−0,138
2,6		+0,003	+0,009	+0,019	+0,033	+0,047	+0,062	+0,078	+0,093	+0,116	+0,125	+0,112	+0,065	−0,024	−0,165	−0,370	−0,646	−1,002	−0,638	−0,353
2,8		+0,002	+0,008	+0,018	+0,031	+0,044	+0,060	+0,077	+0,093	+0,124	+0,145	+0,151	+0,133	+0,083	−0,010	−0,155	−0,363	−0,641	−0,999	−0,637
3,0		+0,002	+0,007	+0,016	+0,029	+0,040	+0,055	+0,071	+0,087	+0,120	+0,149	+0,168	+0,170	+0,149	+0,095	−0,001	−0,149	−0,358	−0,639	−0,998
3,2		+0,002	+0,006	+0,013	+0,023	+0,034	+0,048	+0,062	+0,078	+0,110	+0,141	+0,168	+0,184	+0,183	+0,159	+0,103	+0,004	−0,145	−0,357	−0,639
3,4			+0,005	+0,011	+0,019	+0,028	+0,039	+0,052	+0,066	+0,096	+0,127	+0,157	+0,181	+0,195	+0,191	+0,166	+0,107	+0,007	−0,143	−0,356
3,6					+0,015	+0,022	+0,031	+0,042	+0,054	+0,081	+0,109	+0,139	+0,167	+0,190	+0,201	+0,196	+0,169	+0,109	+0,008	−0,144
3,8							+0,025	+0,033	+0,042	+0,064	+0,091	+0,118	+0,147	+0,173	+0,194	+0,205	+0,199	+0,171	+0,110	+0,008
4,0									+0,032	+0,050	+0,071	+0,097	+0,124	+0,151	+0,176	+0,197	+0,207	+0,200	+0,171	+0,110
4,2										+0,037	+0,054	+0,075	+0,100	+0,126	+0,154	+0,178	+0,198	+0,207	+0,200	+0,171
4,4											+0,040	+0,056	+0,077	+0,102	+0,128	+0,154	+0,178	+0,199	+0,208	+0,201
4,6												+0,041	+0,057	+0,078	+0,102	+0,128	+0,155	+0,179	+0,199	+0,208
4,8													+0,041	+0,057	+0,078	+0,102	+0,128	+0,155	+0,179	+0,199
5,0														+0,041	+0,057	+0,078	+0,102	+0,128	+0,155	+0,179
5,2															+0,040	+0,057	+0,077	+0,102	+0,128	+0,155
5,4																+0,040	+0,056	+0,077	+0,102	+0,128
5,6																	+0,039	+0,056	+0,077	+0,102
5,8																		+0,039	+0,056	+0,077
6,0																			+0,039	+0,056
6,2																				+0,039

Tableau donnant les valeurs de K_T
dans
$$l_T = \frac{1}{2} \cdot K_T$$

PL VI

LIGNE D'INFLUENCE DE T AU POINT: —

LIGNE DE T POUR UNE FORCE UNITÉ AU POINT: —

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
0	+ 2,000 − 0,000	+ 1,620	+ 1,280	+ 0,978	+ 0,712	+ 0,482	+ 0,286	+ 0,120	− 0,018	− 0,222	− 0,344	− 0,402	− 0,416	− 0,398	− 0,358	− 0,310	− 0,256	− 0,204	− 0,156	− 0,112
0,2	0	− 0,308	+ 1,408 − 0,592	+ 1,152	+ 0,921	+ 0,715	+ 0,533	+ 0,375	+ 0,240	+ 0,025	− 0,119	− 0,208	− 0,254	− 0,268	− 0,268	− 0,239	− 0,206	− 0,173	− 0,139	− 0,106
0,4	0	− 0,240	− 0,466	− 0,676	+ 1,127 − 0,873	+ 0,945	+ 0,780	+ 0,631	+ 0,497	+ 0,274	+ 0,107	− 0,012	− 0,092	− 0,138	− 0,160	− 0,166	− 0,156	− 0,141	− 0,122	− 0,101
0,6	0	− 0,178	− 0,351	− 0,518	− 0,678	− 0,832	+ 1,020 − 0,980	+ 0,881	+ 0,752	+ 0,522	+ 0,335	+ 0,187	+ 0,076	− 0,004	− 0,057	− 0,090	− 0,104	− 0,107	− 0,103	− 0,093
0,8	0	− 0,125	− 0,252	− 0,377	− 0,503	− 0,630	− 0,754	− 0,878	+ 1,000 − 1,000	+ 0,770	+ 0,566	+ 0,392	+ 0,250	+ 0,139	+ 0,054	− 0,006	− 0,045	− 0,069	− 0,080	− 0,082
1,0	0	− 0,082	− 0,168	− 0,258	− 0,353	− 0,452	− 0,554	− 0,661	− 0,768	+ 1,012 − 0,988	+ 0,799	+ 0,604	+ 0,434	+ 0,292	+ 0,177	+ 0,088	+ 0,024	− 0,021	− 0,051	− 0,066
1,2	0	− 0,047	− 0,101	− 0,162	− 0,229	− 0,304	− 0,384	− 0,470	− 0,563	− 0,761	+ 1,030 − 0,970	+ 0,822	+ 0,629	+ 0,459	+ 0,314	+ 0,197	+ 0,106	+ 0,038	− 0,011	− 0,043
1,4		− 0,021	− 0,050	− 0,086	− 0,132	− 0,184	− 0,245	− 0,313	− 0,389	− 0,559	− 0,753	+ 1,040 − 0,960	+ 0,834	+ 0,641	+ 0,470	+ 0,324	+ 0,260	+ 0,113	+ 0,043	− 0,007
1,6		− 0,002	− 0,012	− 0,030	− 0,057	− 0,092	− 0,135	− 0,187	− 0,246	− 0,388	− 0,5 8	− 0,750	+ 1,043 − 0,956	+ 0,837	+ 0,643	+ 0,472	+ 0,324	+ 0,208	+ 0,114	+ 0,044
1,8		+ 0,011	+ 0,014	+ 0,009	− 0,004	− 0,024	− 0,053	− 0,090	− 0,135	− 0,247	− 0,391	− 0,561	− 0,754	+ 1,040 − 0,960	+ 0,833	+ 0,641	+ 0,470	+ 0,325	+ 0,206	+ 0,112
2,0		+ 0,019	+ 0,031	+ 0,036	+ 0,033	+ 0,023	+ 0,006	− 0,019	− 0,051	− 0,137	− 0,253	− 0,398	− 0,569	− 0,762	+ 1,032 − 0,968	+ 0,827	+ 0,635	+ 0,466	+ 0,321	+ 0,203
2,2		+ 0,023	+ 0,040	+ 0,050	+ 0,055	+ 0,053	+ 0,045	+ 0,030	+ 0,008	− 0,054	− 0,144	− 0,262	− 0,408	− 0,579	− 0,771	+ 1,024 − 0,976	+ 0,820	+ 0,630	+ 0,461	+ 0,318
2,4		+ 0,024	+ 0,043	+ 0,057	+ 0,065	+ 0,069	+ 0,068	+ 0,061	+ 0,048	+ 0,005	− 0,061	− 0,154	− 0,273	− 0,419	− 0,589	− 0,780	+ 1,016 − 0,984	+ 0,814	+ 0,625	+ 0,458
2,6		+ 0,023	+ 0,043	+ 0,057	+ 0,069	+ 0,076	+ 0,078	+ 0,077	+ 0,071	+ 0,045	− 0,002	− 0,071	− 0,165	− 0,284	− 0,429	− 0,598	− 0,788	+ 1,010 − 0,990	+ 0,809	+ 0,621
2,8		+ 0,021	+ 0,040	+ 0,055	+ 0,067	+ 0,076	+ 0,081	+ 0,083	+ 0,082	+ 0,068	+ 0,038	− 0,012	− 0,081	− 0,175	− 0,293	− 0,437	− 0,605	− 0,793	+ 1,006 − 0,994	+ 0,806
3,0		+ 0,018	+ 0,035	+ 0,049	+ 0,061	+ 0,070	+ 0,077	+ 0,082	+ 0,084	+ 0,079	+ 0,062	+ 0,030	− 0,020	− 0,090	− 0,183	− 0,300	− 0,443	− 0,610	− 0,797	+ 1,003 − 0,997
3,2		+ 0,016	+ 0,029	+ 0,042	+ 0,053	+ 0,062	+ 0,070	+ 0,076	+ 0,080	+ 0,081	+ 0,078	+ 0,055	+ 0,022	− 0,028	− 0,097	− 0,189	− 0,305	− 0,447	− 0,613	− 0,799
3,4			+ 0,024	+ 0,034	+ 0,044	+ 0,052	+ 0,060	+ 0,067	+ 0,072	+ 0,078	+ 0,077	+ 0,068	+ 0'049	+ 0,016	− 0,033	− 0,:02	− 0,193	− 0,309	− 0,450	− 0,615
3,6					+ 0,036	+ 0,042	+ 0,049	+ 0,055	+ 0,061	+ 0,071	+ 0,075	+ 0,073	+ 0,064	+ 0,044	+ 0,012	− 0,037	− 0,105	− 0,196	− 0,311	− 0,451
3,8							+ 0,040	+ 0,044	+ 0,050	+ 0,060	+ 0,068	+ 0,071	+ 0,070	+ 0,060	+ 0,042	+ 0,009	− 0,040	− 0,107	− 0,198	− 0,312
4,0									+ 0,041	+ 0,050	+ 0,058	+ 066	+ 0,069	+ 0,067	+ 0,058	+ 0,040	+ 0,007	− 0,041	− 0,108	− 0,198
4,2										+ 0,040	+ 0,049	+ 0,057	+ 0,064	+ 0,068	+ 0,066	+ 0,057	+ 0,039	+ 0,007	− 0,042	− 0,109
4,4											+ 0,039	+ 0,048	+ 0,056	+ 0,063	+ 0,067	+ 0,065	+ 0,056	+ 0,038	+ 0,006	− 0,042
4,6												+ 0,039	+ 0,047	+ 0,056	+ 0,063	+ 0,066	+ 0,065	+ 0,056	+ 0,038	+ 0,006
4,8													+ 0,039	+ 0,047	+ 0,056	+ 0,063	+ 0,066	+ 0,065	+ 0,056	+ 0,038
5,0														+ 0,039	+ 0,048	+ 0,056	+ 0,063	+ 0,066	+ 0,065	+ 0,056
5,2															+ 0,040	+ 0,048	+ 0,056	+ 0,063	+ 0,067	+ 0,065
5,4																+ 0,040	+ 0,048	+ 0,056	+ 0,064	+ 0,067
5,6																	+ 0,040	+ 0,049	+ 0,057	+ 0,064
5,8																		+ 0,041	+ 0,049	+ 0,057
6,0																			+ 0,041	+ 0,049
6,2																				+ 0,041

Tableau donnant les valeurs de K_p
dans

$$l_p = \frac{a}{2b} \cdot K_p$$

PL VII

LIGNE D'INFLUENCE DE p AU POINT: →

LIGNE DE p POUR UNE FORCE UNITÉ AU POINT: →

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
0	+4,000	+3,600	+3,207	+2,833	+2,465	+2,127	+1,812	+1,520	+1,252	+0,796	+0,436	+0,168	−0,024	−0,152	−0,224	−0,261	−0,267	−0,256	−0,226	−0,195
0,2	+3,208	+2,952	+2,695	+2,440	+2,181	+1,935	+1,697	+1,471	+1,259	+0,884	+0,574	+0,329	+0,142	+0,008	−0,081	−0,138	−0,164	−0,174	−0,165	−0,151
0,4	+2,468	+2,327	+2,182	+2,039	+1,888	+1,732	+1,576	+1,418	+1,261	+0,969	+0,708	+0,489	+0,308	+0,168	+0,063	−0,013	−0,061	−0,090	−0,103	−0,106
0,6	+1,812	+1,753	+1,694	+1,639	+1,574	+1,506	+1,431	+1,343	+1,247	+1,043	+0,837	+0,644	+0,474	+0,327	+0,208	+0,114	+0,045	−0,005	−0,037	−0,058
0,8	+1,249	+1,256	+1,259	+1,261	+1,261	+1,258	+1,247	+1,227	+1,196	+1,091	+0,948	+0,791	+0,633	+0,487	+0,356	+0,245	+0,156	+0,084	+0,033	−0,005
1,0	+0,796	+0,840	+0,883	+0,928	+0,970	+1,007	+1,042	+1,072	+1,090	+1,092	+1,027	+0,917	+0,784	+0,642	+0,506	+0,381	+0,273	+0,182	+0,109	+0,054
1,2	+0,436	+0,505	+0,574	+0,642	+0,710	+0,775	+0,837	+0,896	+0,948	+1,027	+1,053	+1,009	+0,912	+0,789	+0,653	+0,521	+0,398	+0,289	+0,197	+0,122
1,4	+0,168	+0,249	+0,328	+0,409	+0,490	+0,567	+0,644	+0,720	+0,791	+0,917	+1,009	+1,044	+1,006	+0,915	+0,794	+0,661	+0,529	+0,406	+0,296	+0,203
1,6	−0,024	+0,060	+0,143	+0,226	+0,309	+0,391	+0,474	+0,554	+0,633	+0,784	+0,912	+1,006	+1,043	+1,007	+0,916	+0,796	+0,663	+0,531	+0,407	+0,297
1,8	−0,152	−0,072	+0,008	+0,089	+0,169	+0,248	+0,327	+0,407	+0,487	+0,642	+0,789	+0,915	+1,007	+1,042	+1,005	+0,914	+0,794	+0,660	+0,529	+0,405
2,0	−0,224	−0,152	−0,083	−0,011	+0,063	+0,136	+0,208	+0,282	+0,356	+0,506	+0,654	+0,794	+0,916	+1,005	+1,038	+1,000	+0,909	+0,789	+0,655	+0,525
2,2	−0,260	−0,199	−0,136	−0,074	−0,012	+0,050	+0,115	+0,180	+0,246	+0,381	+0,521	+0,661	+0,796	+0,914	+1,000	+1,032	+0,994	+0,902	+0,782	+0,650
2,4	−0,268	−0,216	−0,164	−0,114	−0,060	−0,008	+0,044	+0,098	+0,155	+0,273	+0,397	+0,529	+0,662	+0,794	+0,908	+0,994	+1,025	+0,987	+0,895	+0,777
2,6	−0,256	−0,214	−0,173	−0,132	−0,090	−0,049	−0,005	+0,039	+0,084	+0,182	+0,289	+0,405	+0,531	+0,660	+0,788	+0,902	+0,987	+1,019	+0,980	+0,890
2,8	−0,228	−0,199	−0,164	−0,136	−0,104	−0,072	−0,038	−0,004	+0,032	+0,109	+0,197	+0,296	+0,407	+0,529	+0,655	+0,783	+0,896	+0,980	+1,012	+0,975
3,0	−0,196	−0,173	−0,151	−0,130	−0,107	−0,083	−0,058	−0,033	−0,005	+0,054	+0,122	+0,203	+0,297	+0,405	+0,525	+0,650	+0,777	+0,890	+0,975	+1,008
3,2	−0,164	−0,147	−0,131	−0,116	−0,100	−0,085	−0,068	−0,050	−0,031	+0,013	+0,065	+0,127	+0,204	+0,296	+0,401	+0,520	+0,645	+0,772	+0,886	+0,971
3,4			−0,111	−0,100	−0,090	−0,080	−0,069	−0,058	−0,046	−0,016	+0,022	+0,069	+0,128	+0,203	+0,293	+0,398	+0,516	+0,642	+0,768	+0,882
3,6					−0,078	−0,072	−0,066	−0,059	−0,052	−0,034	−0,009	+0,025	+0,070	+0,127	+0,201	+0,290	+0,395	+0,513	+0,638	+0,766
3,8							−0,060	−0,057	−0,053	−0,044	−0,029	−0,007	+0,026	+0,069	+0,126	+0,199	+0,288	+0,393	+0,510	+0,636
4,0									−0,051	−0,047	−0,040	−0,027	−0,006	+0,026	+0,068	+0,124	+0,197	+0,286	+0,391	+0,508
4,2										−0,047	−0,045	−0,039	−0,027	−0,007	+0,025	+0,067	+0,123	+0,196	+0,285	+0,389
4,4											−0,045	−0,044	−0,039	−0,027	−0,007	+0,024	+0,066	+0,123	+0,195	+0,284
4,6												−0,045	−0,044	−0,039	−0,027	−0,007	+0,024	+0,066	+0,123	+0,194
4,8													−0,045	−0,044	−0,039	−0,027	−0,007	+0,024	+0,066	+0,122
5,0														−0,045	−0,044	−0,039	−0,027	−0,007	+0,024	+0,066
5,2															−0,045	−0,043	−0,038	−0,027	−0,007	+0,024
5,4																−0,044	−0,043	−0,038	−0,027	−0,007
5,6																	−0,044	−0,043	−0,038	−0,027
5,8																		−0,044	−0,043	−0,038
6,0																			−0,044	−0,043
6,2																				−0,044

CINCOENTENÁRIO DAS OBRAS DO PORTO DE LISBOA

O PORTO DE LISBOA E AS SUAS OBRAS

PELO PROF. ENG. A. DE M. CID PERESTRELO

No dia 30 do passado mês de Outubro a Administração do Pôrto de Lisboa, celebrou o cincoentenário do início das obras do nosso primeiro pôrto.

A «Técnica», acompanhando, sempre com interêsse, o desenvolvimento das obras que honram a engenharia nacional, pretendeu arquivar nas suas colunas a comemoração de data tão notável. Por isso, publicamos hoje, por amável deferência do seu autor, a conferência proferida, na sessão comemorativa, pelo professor da cadeira de Trabalhos Marítimos da nossa Escola, Ex.mo Sr. Engenheiro Cid Perestrelo, que, na distinção justamente feita pela direcção do Pôrto de Lisboa, elevou, mais uma vez, o prestígio do I. S. T.

Senhor Presidente da República
Senhor Ministro das Obras Públicas e Comunicações
Senhor Administrador Geral do Pôrto de Lisboa
Minhas Senhoras e Meus Senhores:

Convidado pelo ilustre Presidente do Conselho de Administração do Pôrto de Lisboa, a vir dizer algumas palavras sôbre êste pôrto e sôbre as suas obras, na minha qualidade de Professor da Cadeira de Trabalhos Marítimos, do Instituto Superior Técnico, entendo não dever escusar-me a êste honroso encargo, não só pelo alto significado da comemoração que hoje aqui se celebra, mas ainda pelos termos altamente penhorantes em que oi solicitada, para esta solenidade, a minha colaboração.

A outros caberia, com mais propriedade, o honroso encargo que me foi confiado, e, dentre todos, seja-me permitido destacar o distinto engenheiro, Sr. Ramos Coelho, que depois de ter colaborado na construção do pôrto de Lisboa, esteve, desde 1907 até 1921, ao seu serviço, tendo sido seu Director durante mais de uma dezena de anos, e que um pungente desgôsto, impossibilita neste momento de aqui estar.

Mas, tendo começado também neste pôrto a minha carreira de engenheiro, e tendo, pela vida fora, consagrado a estudos e a obras de portos já vinte anos de vida profissional, não podia a festa de hoje, em que se celebra o cincoentenário do início das primeiras grandes obras levadas a efeito no pôrto de Lisboa e de uma das maiores obras de portos realizadas em Portugal, deixar de despertar em mim o interêsse de lhe trazer também a minha modesta contribuição, e por isso aqui vim.

* * *

O pôrto de Lisboa, pelas suas excelentes condições naturais de acesso, de abrigo, de extensão e de fundeadouros, pode ser considerado um dos melhores portos do mundo.

Pela sua situação geográfica, no extremo ocidental da Europa e no caminho das grandes linhas de navegação, que do norte se dirigem para as Américas, para a África e para o

Fig. 1 — O pôrto de Lisboa no século XVI

Oriente, pelo Mediterrâneo, pelas suas possibilidades de desenvolvimento e condições especiais para poder ser um grande entreposto dos produtos coloniais e brazileiros é ainda pela sua posição em relação às linhas de navegação aérea que cruzam o Atlântico, tem êste pôrto diante de si as mais rasgadas perspectivas.

Pôrto ao mesmo tempo comercial e militar, pôrto de escala e testa de linha, pôrto de armamento, de cabotagem, de distribuição e de pesca, é — como já tive ocasião de dizer algures — sobretudo como pôrto de trânsito, que o pôrto de Lisboa deve ser considerado, para servir não só o seu «hinterland» natural, que é não só o País, mas uma parte da Espanha, para quem devem tender, num futuro próximo, as nossas aproximações económicas, e ainda para desempenhar o grande papel de Cais da Europa.

O pôrto de Lisboa não é, porém, apenas, o nosso melhor e o nosso maior pôrto. Na economia do País êle é um dos seus mais ricos e poderosos factores. Por êle se faz a maior parte das nossas importações e exportações, como a maior parte do nosso tráfego postal com o estranjeiro e do nosso comércio marítimo; por ele se intensificam as nossas relações e se exerce uma parte da nossa soberania. As suas épocas de grandeza e de prosperidade acompanharam sempre as da nação, e do seu progresso depende, ainda que indirectamente, o progresso do País.

* * *

Não cabe no reduzido ambito de uma palestra, a história do pôrto de Lisboa.

Feita até 1907 pelo engenheiro Adolfo Loureiro, na sua monumental obra sôbre os portos marítimos do Continente e Ilhas Adjacentes, ela bem merece que um outro cronista, de igual envergadura, a complete.

Mas nesta comemoração, que hoje se realiza, é por certo bem cabida, se não a história, pelo menos um pequeno resumo dos factos mais notáveis que à construção do pôrto se referem e que a ela se seguiram, até aos nossos dias, neste meio século que agora se completa.

Ligado aos factos mais importantes da nossa história militar e marítima, ao pôrto de Lisboa coube um importantíssimo papel nas nossas conquistas e descobertas. Nele se construíram e se armaram a maior parte das gloriosas armadas que foram em demanda de novas terras e que fizeram dêste pequeno País, o grande império marítimo dos séculos XV e XVI.

Como em todos os nossos outros portos,

foram, pode dizer-se, de caracter exclusivamente militar, as obras que se executaram no pôrto de Lisboa, até aos meados do século XVIII, e a maior parte das quais o grande terramoto destruiu.

As margens do rio, cujos braços e esteiros penetravam ainda alguns séculos atrás nos vales secundários, hoje felizmente aterrados, deviam ter, em épocas passadas, o aspecto lastimoso que lhe davam a falta de consolidação e os dejectos que para ali eram lançados. E só, pouco a pouco, essas margens se foram corrigindo, dando lugar a aterros e docas, que avançavam sôbre os antigos armazens ou tercenas, outrora banhados pelo rio.

Os estaleiros de construção naval, como os logares de embarque e desembarque, estendiam-se um pouco por tôda a parte, desde a histórica Ribeira das Náus, aos recônditos da margem esquerda, onde os estaleiros da Azinheira e de Vale do Zebro, tiveram uma grande fama.

O pôrto de Lisboa era no entanto considerado o melhor que havia, e tão bom era êle que se julgava que a arte e a técnica jamais poderiam fazer melhor do que a natureza havia feito.

E mais do que um século foi necessário, desde o primeiro projecto de obras de que há notícia, elaborado pelo engenheiro húngaro Carlos Mardel anteriormente a 1755, e onde se previa a construção de um grande arsenal para a Marinha, em Alcântara, até ao projecto dos engenheiros Matos e Loureiro, que serviu de base, em 1886, ao concurso para a execução das primeiras grandes obras do pôrto.

Dentre os projectos apresentados neste intervalo de mais de um século, merecem especial referência: — O projecto, apresentado em 1855, pelo conde Clarange du Lucotte, que se propunha construir um caminho de ferro para Cintra, partindo do Cais do Sodré e várias obras na margem do Tejo, e a quem foi concedido além da exploração dêsse caminho de ferro, a dos terrenos que conquistasse ao rio e onde se propunha abrir docas e construir praças e jardins montando em Pedrouços um grandioso estabelecimento para banhos, e cujo contrato, em virtude das oposições levantadas, foi rescendido em 1861; o dos engenheiros conde de São Januário e Mendes Guerreiro, apresentado em 1869, depois de vários pedidos de concessão para obras, feitos por diversos estranjeiros, entre os quais figurava de novo o conde de Lucotte; o do francês Tomé de Gramont, datado de 1870, que previa a construção de uma grande avenida marginal entre o Terreiro de Paço e Alcântara, onde ficaria situado um grande parque, e a urbanização dos terrenos conquistados ao Tejo, destinado para o tráfego comercial do pôrto a parte de montante, construindo-se para isso em frente de Xabregas e do Pôço do Bispo uma grande doca de flutuação, a que uma outra doca de marés daria acesso; o da Comissão, nomeada em 1871 e que abrangia não só a margem direita, na parte compreendida entre o Beato e Belém, mas ainda a parte da margem esquerda, que vai do Pontal de Cacilhas à Trafaria, e onde se previa a construção, na margem direita, de nove docas para abrigo e três para reparação de navios, e, na margem esquerda, a de duas docas para abrigo de embarcações; o do engenheiro naval Vasconcelos Correia, que previa a construção de um sistema de molhes flutuantes, formando docas de abrigo; o do capitalista Moser, a quem, juntamente com outros, chegou a ser feita em 1876 uma concessão para a construção de muros-cais, aterros, docas e de um caminho de ferro na margem do Tejo, e que foi depois anulada por não terem os concessionários apresentado em devido tempo os seus projectos; os dos engenheiros inglêses Abernethy e John Coode, que vieram a Portugal, convidados pelo nosso Govêrno, para o estudo dos portos de Lisboa e do Pôrto; os dos engenheiros Valadas, Golla e Miguel Pais — que foi também o autor do primeiro projecto da ponte sôbre o Tejo — e finalmente os engenheiros Pereira da Silva, Hersent, Reeves, Guérard e Fourmont, depois do plano elaborado pela comissão nomeada em 1883, para o estudo dos projectos anteriores e elaboração de um plano definitivo de melhoramentos do pôrto, e ainda para indicar os meios para a sua realização e apreciar as vantagens dêles provenientes.

*
* *

Em 1885 foi publicado o primeiro projecto de lei da iniciativa do grande estadista e ilus-

Fig. 2 — Aspecto da parte central do pôrto

tre homem de ciência, António Augusto de Aguiar, relativo à execução das obras da 1.ª secção do pôrto de Lisboa e ao seu financiamento, na base do plano geral estudado pela comissão de 1883, e, quási simultâneamente, pelos empreiteiros franceses Arnault e Hersent era apresentada uma proposta para a execução das referidas obras, para as quais o Govêrno preferiu, porém, abrir concurso, nos têrmos da lei. A êsse primeiro concurso foram apresentadas seis propostas — sendo 3 de grupos ou entidades portuguêsas e 3 de estranjeiros— que foram julgadas inaceitáveis, sendo o concurso anulado.

Novos estudos se fizeram depois sob a direcção do distinto engenheiro Mendes Guerreiro, cujo nome, como o de tantos outros notáveis engenheiros da época, ficou ligado à grande obra realizada no porto de Lisboa, e que, em 1886, apresentou um novo projecto, que, depois de devidamente apreciado pela Junta Consultiva de Obras Públicas, deu lugar à nomeação dos engenheiros Matos e Loureiro para a elaboração do projecto e das novas bases para o concurso, que, em Dezembro de 1886, foi aberto. Uma única proposta, a do empreiteiro Hersent, foi apresentada a êsse concurso, e tendo sido julgada em condições de ser aceite, foram-lhe por portaria de 9 de Abril de 1887, adjudicadas as obras, pela quantia de 10.790 contos, o que hoje representaria cêrca de 300 mil contos. Alguns meses depois, no dia 31 de Outubro, sendo ministro das Obras Públicas o ilustre estadista Emídio Navarro, realizava-se com a maior solenidade, a inauguração dos trabalhos, que hoje aqui celebramos.

*
* *

Feita assim uma rápida resenha dos antecedentes da construção — que uma exposição retrospectiva dos projectos, e que não foi possível fazer-se, teria tornado mais interessante — vejamos, também muito ràpidamente, o que foi essa construção.

As obras a executar compreendiam, como as anteriormente projectadas, a regularização da margem, desde Santa Apolónia até ao Caneiro de Alcântara, a que se seguiu depois a parte correspondente à 2.ª Secção do porto, feita pelo mesmo empreiteiro, para a construção do caminho de ferro do Cais do Sodré a Cascais, e que vai do Caneiro de Alcântara à Tôrre de Belém; a construção de cinco docas de abrigo, de um ante-porto, e de duas docas para reparação de navios; a dos muros exteriores de acostagem e de abrigo, dos aterros necessários para a obtenção dos terraplenos

PORTO DE LISBOA

O melhor pôrto da península para o trânsito de passageiros e mercadorias

Combóios de luxo diários: Sud-Express Lisboa-Paris e vice-versa

Vias férreas em todos os cais ligando com a rêde geral ferroviária do País

Area molhada: 11.150 hectares, aproximadamente; área terrestre: 1.950.000 metros quadrados, sendo 1.650.000 metros quadrados de área descoberta e 100.000 metros quadrados de área coberta

Cêrca de 13.000 metros de cais acostáveis, com fundos variáveis entre 7 e 9 metros

5 docas sêcas de 42 a 180 metros de comprimento

3 carreiras de construção, tendo 1 mais de 180 metros de extensão

Estaleiros navais apetrechados com os mais modernos maquinismos próprios para êste género de trabalhos

Guindastes: O pôrto dispõe de aparelhos de elevação, hidráulicos, a vapor e eléctricos, cuja fôrça elevatória varia de 1.500 a 10.000 Kgs. e de 2 cábreas, respectivamente, de 50 e 100 toneladas de fôrça elevatória

Para mais esclarecimentos dirigir-se ao Administrador Geral do Pôrto de Lisboa

Cais do Sodré—LISBOA

PORTO DE LISBOA

O melhor porto — pensando para a
Conferência de navegação e portuárias

Combinação de [illegible] da Cidade de Lisboa Porto e Mar [illegible]

Vias largas com todos os seus legados
Com a rede geral ferroviária do País

Área multiplo: 11.150 hectares, aproximadamente, área terrestre, 1,250.000 metros quadrados, área 1.65.000 metros quadrados de área hidrosuperfície e 100.000 metros quadrados de área molhada

Cerca de 13.000 metros de cais acostáveis, com fundos variáveis entre 7 e 2 metros

8 docas [illegible] de 45 a 100 metros de comprimento

7 carreiras de construção, [illegible] de 120 metros de comprimento

Estaleiros navais, oficinas [illegible] com os seus meios modernos
[illegible] pesados para [illegible] e trabalhos

Guindastes: O porto dispõe de [illegible] de elevação, [illegible] lizes, a vapor e eléctricos, cuja força elevatória varia de 1.000 a 10.000 Kgs e de 2 cabrestes rebocadores de 50 a 100 toneladas de força elevatória

Via férrea exclusivamente [illegible] do Ministério [illegible] Cais de Pedra de Lisboa

Cais do Sodré — LISBOA

e doutras obras acessórias, além do fornecimento e montagem do equipamento do porto, como guindastes, linhas férreas, pontes móveis, desembarcadouros flutuantes, telheiros e armazéns para mercadorias, etc.

As docas de abrigo seriam construídas uma em Alcântara, outra em Santos e as restantes, uma junta ao Arsenal da Marinha e as outras junto à Alfândega e ao Terreiro do Trigo. A doca de Alcântara seria de flutuação e servida por uma eclusa, abrindo no ante-porto, que ficaria entre esta e a doca de Santos. As docas de reparação, primitivamente projectadas no extremo oeste da doca de Alcântara, foram depois construídas, como é sabido, na Rocha do Conde de Óbidos.

Na execução das obras surgiram várias dificuldades devidas principalmente à pouca consistência dos fundos, constituídos por espessas camadas de lôdo, tendo o empreiteiro Hersent, imaginado para a construção dos muros exteriores um novo tipo de fundações, consistindo no emprêgo de pilares descontínuos, fundados pelo ar comprimido e sôbre os quais assentou muro contínuo de paramentos bem trabalhados, que todos V. Ex.as conhecem.

O sistema, usado pela primeira vez em Lisboa e simultâneamente em Bordeus, onde o empreiteiro Hersent era igualmente o adjudicatário das obras de construção do porto, teve depois um largo emprêgo em obras marítimas, sendo ainda há pouco usado na reconstrução do molhe de Santos e estando a sê-lo agora na construção de parte do cais da 3.ª Secção a montante de Santa Apolónia.

E, ao mesmo tempo que as dificuldades de ordem técnica, as dificuldades financeiras, provenientes da grave crise que desde 1891 o País atravessou, vinham dificultar cada vez mais o bom andamento dos trabalhos, obrigando o Estado, em Julho de 1892, a tomar conta da execução das obras que só cêrca de dois anos depois, em Maio de 1894, foram novamente confiados ao empreiteiro Hersent, depois de longas e complicadas negociações.

O novo contracto, celebrado entre o Estado e o empreiteiro, desobrigou êste do encargo da construção de determinadas partes da obra, ao mesmo tempo que lhe concedia a exploração comercial, pelo prazo de dez anos, das obras tanto executadas como a executar.

Novas dificuldades surgiram posteriormente e deram lugar a uma nova arbitragem, levada a efeito em Julho de 1902, e em que liquidaram todas as questões emanentes da empreitada e se concedeu ao empreiteiro a ampliação, por mais três anos, do prazo para a exploração comercial do porto.

*
* *

Terminada a exploração feita pelo empreiteiro, e que para o progresso e desenvolvimento do porto foi certamente prejudicial, foi em 7 de Maio de 1907, inaugurado o novo regime administrativo, entregando-se o porto a um Conselho de Administração Autónomo, e no qual se achavam representadas as entidades que mais directamente contactavam com êle, como eram o comércio, a indústria, a navegação e os caminhos de ferro.

Êste regime de autonomia, que mais tarde havia de ser seguido na administração dos outros portos do País, com a criação das Juntas Autónomas, representou uma interessante inovação, preconizada desde 1905, no X Congresso Internacional de Navegação, e em que o porto de Lisboa precedeu a maior parte dos grandes portos, que hoje têm êsse regime, e designadamente o porto de Londres — o maior porto do mundo — que só em 1909 criou o seu «Port of London Authority» instituïção idêntica e que ainda hoje o rege.

Trinta anos decorridos sôbre o novo regime administrativo dão-nos já indicações suficientes sôbre as suas vantagens e sôbre a sua eficiência.

Em três períodos se pode considerar dividida a nova fase da administração do pôrto.

O primeiro que vai de 1907 a 1921, travessando o período agitado da mudança do regime, o segundo, de 1921 a 1926, que sucedeu ao trágico 19 de Outubro, e finalmente o terceiro, que corresponde à nova era implantada pela Ditadura Militar, e que vem de 1926 até agora.

De três conferências feitas pelos seus primeiros directores, os engenheiros Strauss e Ramos Coelho, respectivamente em 1909 e em 1914, e pelo seu actual Presidente do Conselho de Administração, o engenheiro Sá Nogueira,

Fig. 3 — A Doca de Alcântara vista do nascente

em 1934, e a que aqui cabe a merecida referência pelo interesse que todos os elementos nelas contidos tem para a história do pôrto, me socorro agora para a segunda parte da minha palestra.

* * *

À data da entrega ao Estado, em 1907, do seu primeiro pôrto, êste dispunha, como obras acostáveis, de 4.700 metros lineares de muros-cais, situados na zona entre Alcântara e Santa Apolónia, de 3.500 metros lineares de rampas e taludes empedrados, na 1.ª e 2.ª Secções, de sete docas para abrigo de pequenas embarcações, quatro na 1.ª e três na 2.ª Secção, de duas docas para reparação de navios e respectivas oficinas, de um pequeno plano inclinado, de seis guindastes hidráulicos, de algum material flutuante, e de uma área coberta de armazéns e telheiros que não excedia 14.000 metros quadrados.

Os serviços do pôrto eram bastante deficientes, e o seu magnífico, mas atemorizante Lazareto, fazia fugir dêle os passageiros nas suas viagens de regresso à Europa.

Num trabalho persistente e nem sempre destituído de dificuldades, esforçaram-se os seus dirigentes por melhorar pouco a pouco os serviços do pôrto desde a pilotagem até ao desembaraço da Alfândega e da Saúde, conseguindo em 1918, que os primeiros paquetes de passageiros atracassem ao cais, ao mesmo tempo que procuravam dotar o pôrto com os melhoramentos indispensáveis para a sua importantíssima função.

Assim, em 1912, foi aberto concurso para a transformação da doca de Alcântara, a única grande doca do pôrto e que se não tinha completado, em virtude do contracto de 1894, transformação que compreendia o seu aprofundamento e a construção dos muros-cais interiores e o alargamento da sua entrada, para ser explorada como doca de marés e não como doca de flutuação, como primitivamente fôra prevista, o que, para a sua futura utilização fôra reconhecido como inconveniente. Juntamente com êsse trabalho foi também aberto

concurso para a construção do molhe oeste da doca de Santos, cuja execução igualmente fôra protelada em virtude do contracto de 1894, sendo ambas essas obras adjudicadas ao empreiteiro espanhol Uribasterra, pela quantia de 1.720 contos, ou sejam cêrca de 50 mil contos actuais.

Depois, em 1916, foi estudada a construção de duas novas docas de reparação e de três carreiras do lançamento, destinadas à construção de grandes navios, cuja execução foi posteriormente contractada com a Sociedade de Construções Navais, sucessora do empreiteiro Hersent, sendo pela mesma ocasião ampliadas as oficinas de construção e reparações navais, e dotadas com os maquinismos indispensáveis. Pela mesma época construiu-se também no pôrto, onde tudo era provisório no tempo do empreiteiro Hersent, o primeiro armazém com carácter definitivo, em betão armado, semelhante a êste onde nos encontramos, e várias pequenas estacadas, igualmente em betão armado, para embarque e desembarque de mercadorias e passageiros. Aumentou-se o equipamento do pôrto, adquirindo-se guindastes, rebocadores, material de drenagens, etc. Fizeram-se novos estudos e projectos e procurou-se aumentar a esfera da acção do pôrto, cujo tráfego era representado em 1913 por um número de navios entrados de 3,441, com uma tonelagem bruta de mais de 10 1/2 milhões de toneladas, por um movimento de mercadorias carregadas e descarregadas de mais de 1 1/2 milhões de toneladas, e por um movimento de malas postais de 81,382 malas embarcadas e desembarcadas.

Em 1921, quando tão violenta e injustamente foram afastados os corpos directivos da Administração do pôrto, êste possuía já, além de 6.584 metros lineares de cais acostáveis, uma área coberta de armazens e telheiros de cêrca de 80.000 metros quadrados e um equipamento que compreendia, além de mais de 50 guindastes eléctricos, hidráulicos e a vapor, um importante material terrestre e fluvial, ao mesmo tempo que os seus dirigentes tinham em mente um plano de obras e de realizações a que as circunstâncias anteriores, derivadas primeiro das condições do País, e depois da grande guerra, não tinham permitido que se desse ainda execução.

Do período de 1921 a 1926 pouco ha a dizer. A política, de que até então andara afastado, interveio nos destinos do pôrto, onde poucas ou nenhumas obras se fizeram. Os paquetes voltaram de novo a fundear ao largo, e o serviço de passageiros a fazer-se em incómodas embarcações, e só em 1927, com as novas Administrações, se voltou a encarar a sério êste importantissimo problema, tendo sido decretado em 1928 a obrigatoriedade da atracação dos navios de passageiros, o que representou um grande melhoramento para o nosso primeiro pôrto.

De 1926 até agora, muito se tem feito no pôrto de Lisboa, iniciando-se novas obras, adquirindo-se novo material de equipamento, procurando-se desenvolver e melhorar a sua exploração.

As obras da 3.ª secção, que compreende a parte do pôrto que vai desde Santa Apolónia ao Poço do Bispo, projectadas desde 1916 e adjudicadas em 1930 à Sociedade Italo Portuguesa de Construções, por cerca de 70.000 contos, acham-se em plena actividade, depois das dificuldades surgidas durante a primeira fase da sua execução. Fez-se a reconstrução do molhe oeste da doca de Santos e a do muro norte da doca de Alcântara. Acabou-se a construção das docas n.os 3 e 4, e aproveitaram-se devidamente as carreiras de construção e as oficinas, onde alguns navios de guerra e de comércio foram e estão a ser construídos.

Adquiriram-se novos guindastes, uma cábrea de grande potência, diverso material flutuante, máquinas e ferramentas para as oficinas, fizeram-se novos edifícios, ampliando-se a área edificada para cêrca de 100.000 metros quadrados.

Estudaram-se novas obras e projectaram-se novas instalações, tendo a Administração conseguido ultimamente que lhe fosse entregue tambem a parte da margem esquerda do Tejo, desde a ponte de Alcochete até à barra, o que lhe dá assim jurisdição sôbre todo o vasto estuário do Tejo e suas margens. Novos regulamentos de tarifas e maiores facilidades dadas ao comércio e à navegação, completam esta obra. O tráfego do pôrto tem-se desenvolvido, sendo, em 1930, o número de navios entrados, de 2.858, com mais de 12 1/2 milhões de toneladas brutas de registo, de 260.970 o número

Fig. 4 — A parte de juzante do pôrto

de passageiros embarcados e desembarcados, de 243.273 o das malas postais, e atingindo as mercadorias carregadas e descarregadas cêrca de dois milhões de toneladas. Com a conclusão das obras da 3.ª Secção, ficará o pôrto com mais 910 metros lineares de cais acostáveis, mais 3.830 metros lineares de taludes empedrados, uma doca de abrigo com cêrca de 46.000 metros quadrados de área molhada e novos terraplenos com cêrca de 800.000 metros quadrados de superfície, que permitirão o alargamento da estação de Santa Apolónia, a instalação de novas indústrias e o desenvolvimento do comércio, na parte mais comercial e mais industrial do pôrto.

A obra de regularização da margem, projectada a seguir à 3.ª Secção, entre o Pôço do Bispo e a Matinha, permitirá ainda a transferência da fábrica do gás, que há tantos anos afronta a Tôrre de Belém, e o prolongamento da ligação prevista, pela Avenida Infante D. Henrique, do Terreiro do Paço com a parte de montante do pôrto.

Muito se fêz até agora. Mas muito falta fazer ainda para que êste pôrto seja o que pode e deve ser. Já em 1928 a comissão nomeada pelo Govêrno para o estudo e classificação dos nossos portos, — da qual tive a honra de fazer parte, juntamente com os distintos engenheiros Costa Serrão, Hugo de Lacerda, Fernando de Sousa, Ramos Coelho e Duarte Abecassis — preconizou entre outras obras, já hoje executadas ou em via de execução, a construção de instalações provisórias para o serviço dos passageiros no Cais de Alcântara; a construção da grande estação marítima no Cais do Sodré, com o correlativo complemento das obras da 1.ª Secção, na parte compreendida entre o Terreiro do Paço e Santos; o aproveitamento dos terraplenos da 2.ª Secção, a construção de um pôrto de pesca e de um aeroporto.

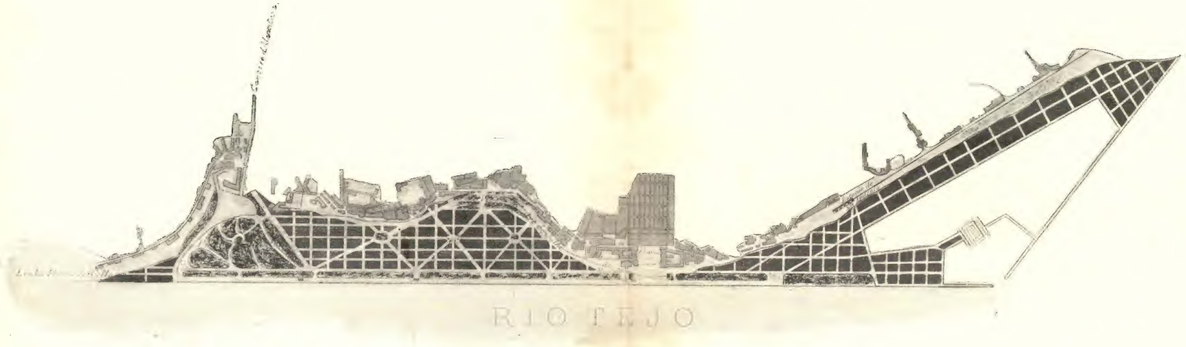
Dado que ao pôrto foi imposta esta disposição em extensão, ocupando cêrca de 12 quilómetros da margem — e que hoje poderemos talvez criticar, preguntando se não teria sido mais acertado construi-lo em profundidade, aproveitando para isso os menores fundos da parte de montante, onde seria fácil ter disposto docas e terraplenos destinados especialmente à sua exploração comercial e reservando a parte central do pôrto para o desafogo da cidade, que, apesar de debruçada sôbre o rio, não possui uma avenida marginal e para o serviço dos passageiros — cabe agora preguntar como poderemos melhorar e reparar um pouco o que já se não pode modificar completamente. E a resposta não parece difícil.

Construa-se para isso, e o mais ràpidamente que for possível a parte entre o Terreiro do Paço e Santos, edifique-se a grande estação marítima do Cais do Sodré e faça-se a avenida marginal em frente do actual Arsenal. Aproveitem-se, para um tráfego comercial intensivo, os terraplenos das docas de Alcântara e de Santos, construindo, para isso arma-

Fig. 5 — A parte de montante do pôrto

Obras do Porto de Lisboa

PROJECTOS SUCESSIVOS

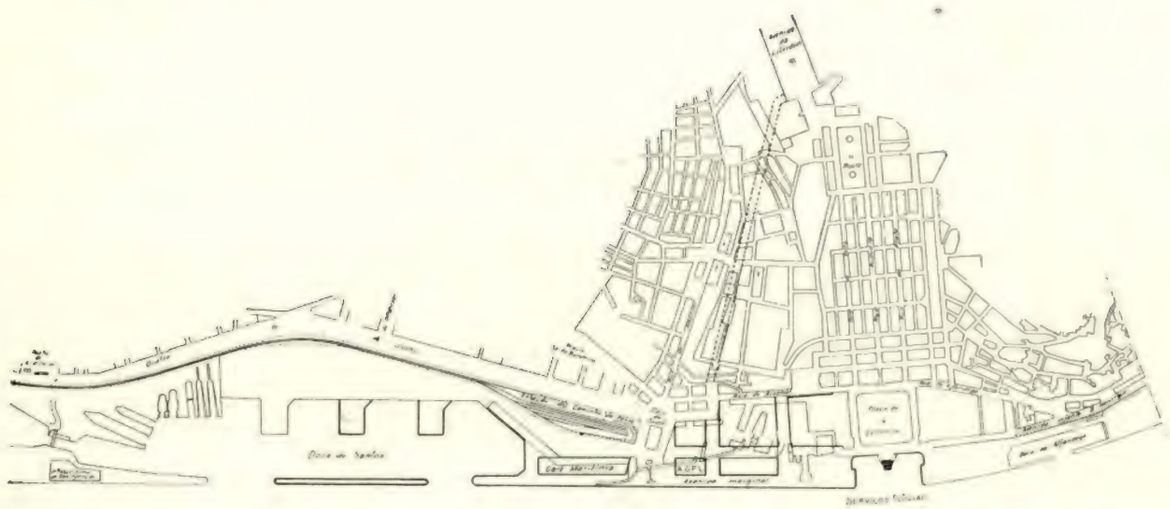


Projecto do engenheiro húngaro Carlos Mardel, anterior a 1755

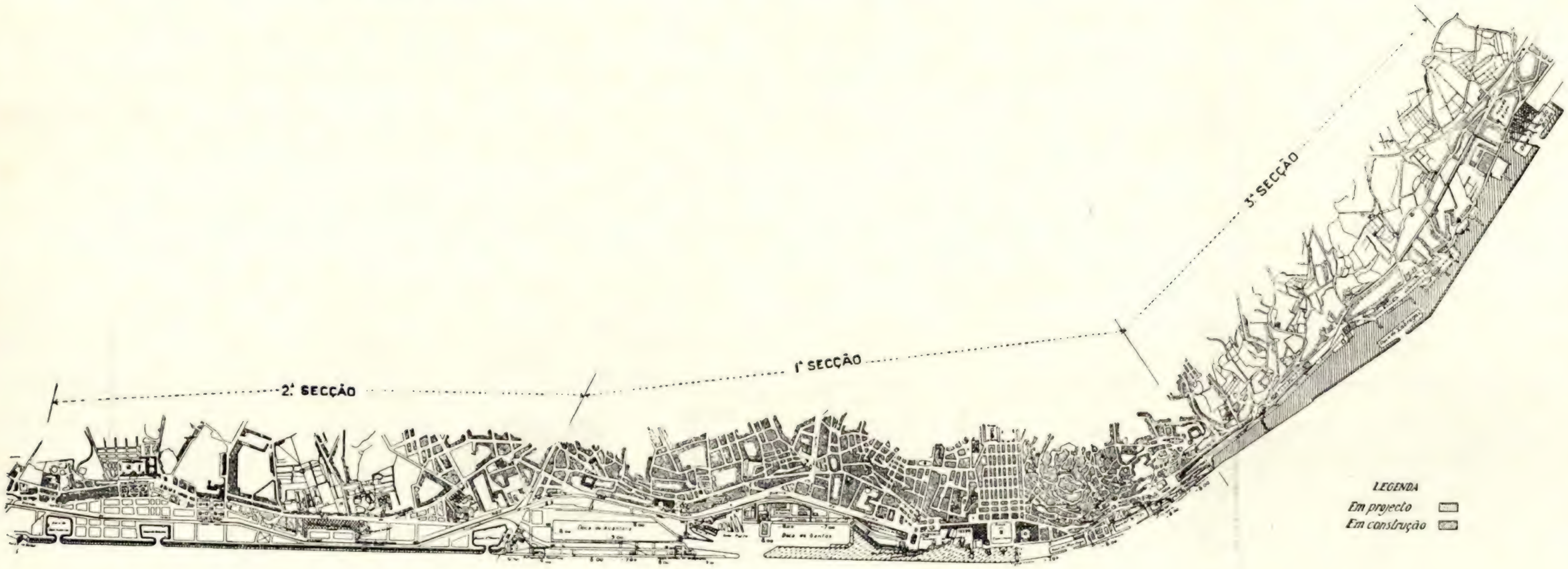
Projecto do engenheiro francês Tomé de Gamond, datado de 1870

Projecto dos engenheiros portugueses Matos e Loureiro, datado de 1886

Obras actuais do Porto de Lisboa



Planta indicando as obras preconizadas pelo autor, para o complemento da 1.ª secção do Porto de Lisboa



Obras executadas, em execução e projectadas pela Administração do Porto de Lisboa

zéns de mais de um pavimento e aumentando a aparelhagem do pôrto, como está previsto.

Localize-se devidamente cada um dos serviços do pôrto, separando-os e distribuindo-os pela melhor forma possível, dando ao serviço de passageiros a importância que êle merece e, aos restantes, novas possibilidades de desenvolvimento. Façam-se instalações apropriadas para os serviços do peixe, para os combustíveis e para os outros serviços especiais do pôrto e cuja melhor localização convém convenientemente estudar. Dotem-se os clubes náuticos com uma doca para embarcações de recreio e façam-se ali as necessárias instalações para a prática dos desportos. Cuide-se da indispensável ligação das duas margens — que a projectada ponte do Montijo não resolveria completamente e de que será solução limite uma ponte, ou melhor um túnel entre o Cais do Sodré e Cacilhas, quando o tráfego fluvial e a outra margem se desenvolverem por tal forma que os «Ferry-boats» já lhes não possam dar satisfação. Construa-se junto ao Montijo, ou nas suas proximidades, o aeroporto militar e comercial para a navegação transatlântica e que já há quási duas dezenas de anos o malogrado Comandante Sacadura Cabral pedia para incluirmos nos projectos de melhoramentos do pôrto, em que então estávamos trabalhando.

O porto de Lisboa custou até hoje, em obras fixas e instalações cêrca de 600 mil contos, ou seja um pouco mais de cinco milhões de libras e necessita ainda, para se completar, de mais um ou dois milhões.

Mas tôda a despeza nele feita será largamente reprodutiva pelos benefícios que à economia do País trará um maior desenvolvimento do seu primeiro porto.

Êste porto, em que a natureza fêz quási tudo aquilo que, à custa de pesados sacrifícios e de incorportáveis despezas, se tem feito nos outros portos, tudo vale e tudo merece.

Melhoremo-lo e completemo-lo pois, procurando ao mesmo tempo que novas fontes de expansão e de tráfego atrair cada vez mais a navegação e a carga.

E possam os vindouros, daqui a meio século, ao celebrarem a data do primeiro centenário da inauguração das obras do porto de Lisboa, dizer que se muito se tinha feito até hoje, muito mais se fêz depois, do segundo quartel do século que agora começa e em que o nosso primeiro porto, que ocupa já um lugar proeminente pelo número e pela tonelagem dos navios que o freqüentam, seja não só o grande porto da Península para o tráfego das mercadorias, mas o verdadeiro Cais da Europa para os passageiros e para as malas postais da navegação marítima e da navegação aérea.

As fotografias que acompanham êste artigo foram obsequiosamente cedidas pelo Ex.mo Sr. Major aviador Pinheiro Correia.

Fig. 6 — Aspecto geral da pôrto de Lisboa

DO MUNDO TÉCNICO

Um reservatório de betão armado para 40.000 m³

A cidade de Nantes está construindo um reservatório destinado a conter 40.000 m³ de água, exemplo do belo partido que uma boa técnica pode tirar do cimento armado.

Uma grande dificuldade se apresenta sempre quando da construção de grandes monolitos de betão armado: — o problema das deformações devidas às alternâncias

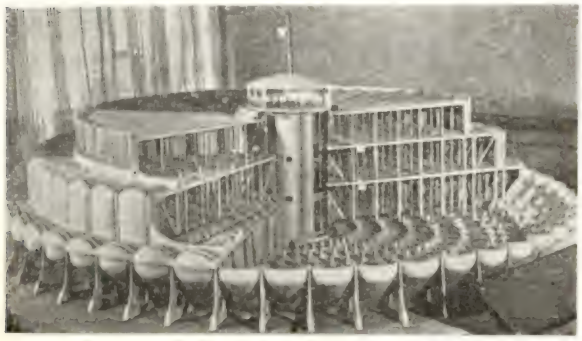


Fig. 1 — Modêlo do reservatório

da temperatura, à acção das cargas e às contracções durante a presa. Um paliativo é a junta de dilatação, mas a solução franca e sincera do problema só se obtém pela adopção duma estrutura, que pelas suas disposições construtivas permita a livre deformação de todos os seus elementos.

Foi dentro dêste espirito que se concebeu um depósito para o qual uma solução «cubista», dadas as suas grandes dimensões, conduziria a grandes dificuldades, provenientes da enorme importância que tomariam as deformações, somando-se ao longo de grandes comprimentos.

— As diversas hipóteses de carga que se haviam de prever, visto que o programa exigia três compartimentos sobrepostos, complicavam ainda mais o problema.

— Na solução adoptada, aqueles três compartimentos são completamente independentes, pelo que diz respeito às deformações; cada compartimento, bem como o conjunto, perfeitamente dilatáveis em todos os sentidos.

O pavimento do compartimento inferior, cujo raio é de 73 metros, é um simples revestimento de betão ligeiramente armado. As suas deformações são desprezíveis, já porque fica ligado ao terreno de fundação (granito), já porque são pequenas as variações de temperatura que sofre.

O mesmo não acontece para as «paredes», sujeitas a importantes deformações devidas quer à contracção do betão, quer à acção das cargas, quer, ainda, às variações de temperatura. Para evitar a acumulação destas deformações, constituiu-se a «parede» com uma série de 50 pequenas abóbadas tendidas, muito delgadas e, portanto, muito flexíveis, amarradas a contrafortes rijidos, encastrados na rocha. Estes contrafortes, dispostos no exterior, deixam no interior do reservatório campo livre aos pilares que sustentam os compartimentos superiores.

Os pavimentos do 1.º e 2.º andares, são constituídos

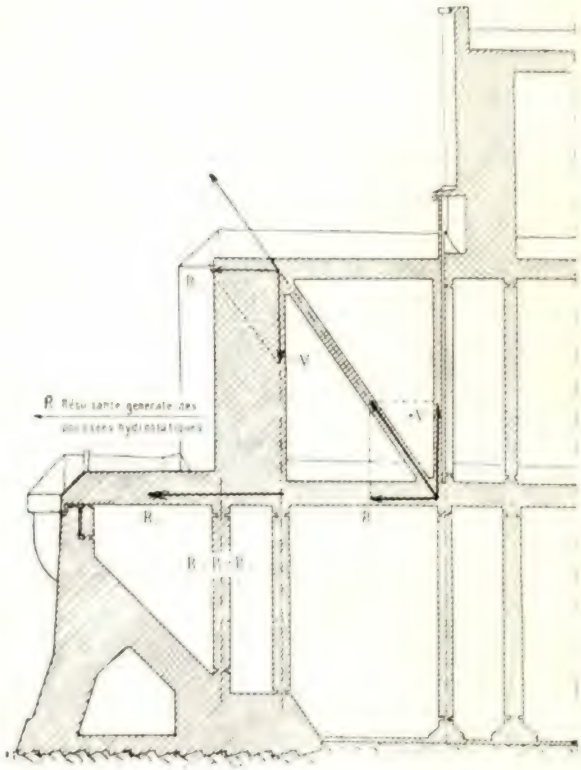


Fig. 2 — Corte vertical nos contrafortes mostrando a decomposição da impulsão da água segundo uma viga radial e um pilar.

por abóbadas cónicas ligadas a vigas radiais apoiadas sôbre pilares articulados, cujas articulações permitem a independência, sob o ponto de vista das deformações, entre compartimentos contíguos. As «paredes» são, como a do compartimento inferior, formadas por uma série de pequenas abóbadas.

A figura 2 indica o modo como os contrafortes da parêde do 1.º andar distribuem as cargas provenientes da impulsão da água pelos pilares e pelas vigas radiais. Estas ficam, assim, trabalhando à flexão e à tracção, tracção que é absorvida por uma viga circular circunscrita à tôrre central de manobra, que, por virtude da simetria das solicitações, fica sujeita apenas a um trabalho de tracção.

Não é apenas pela solução elegante do problema das deformações elásticas e dos efeitos da temperatura que esta construção se torna notável. É-o, também, pela economia que resulta da pequena espessura de quási todos os seus elementos e do grande número de peças semelhantes a moldar.

Empregaram-se 4.000 m³ de betão e 500 ton. de aço, ou seja 0,10 m³ e 12,5 kg. por cada m³ de água armazenada.

A descrição detalhada encontra-se no

"Génie Civil"
N.º 25 - 1.º semestre - 1937

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

Actualités scientifiques et industrielles

Le problème de la dérivée oblique en théorie du potentiel

Par G. BOLIGAND, G. GIRAUD ET P. DELENS

Hermann et Cie. — Paris — 78 pg. — 18 fr.

A determinação duma função, harmónica num certo domínio, e tal que, na fronteira dêsse domínio, a sua derivada *obliqua* (segundo uma direcção univocamente determinada em cada ponto) toma valores prèviamente assinalados, é uma generalização dos problemas clássicos de Dirichlet e Neumann.

Dêle se ocupam, neste número das *Actualités*, os três professores franceses, em monografias complementares. O primeiro define o problema no caso regular e nos casos singulares, o problema adjunto, e analisa os seus aspectos, no caso particular em que o domínio é um semi-espaço. O prof. Giraud determina a condição necessária e suficiente de existência da solução, no caso regular, mediante o recurso aos *valores principais* de certos integrais, e às funções de Green no sentido *largo*. A sua análise termina por duas importantes generalizações do problema da derivada oblíqua.

Paul Delens, numa elegante aplicação da teoria das congruências ao estudo dos campos vectoriais, mostra como as congruências *isótropas*, por êle anteriormente estudadas, abrangem as congruências *equipotenciais*, de que se ocupara Levi-Civita, nos fins do século passado, e que são as que directamente interessam ao problema homogénio da equação de Laplace.

M. F.

La topologie des groupes de Lie

Par ÉLIE CARTAN

Hermann et Cie. — Paris, 1936 — 28 pg. — 10 fr.

Esta monografia é o resumo duma conferência, feita pelo Prof. Cartan em Genebra, em Outubro de 1935. Nela se assinalam, com a habitual mestria do Ilustre Professor, a interdependência e mútuo auxílio da velha teoria de estructura dos grupos finitos e contínuos de Lie e da teoria das suas propriedades topológicas. E, se é quantitativamente mais vasto o domínio das aplicações da primeira à segunda, não é menos interessante o esclarecimento que a topologia dos grupos vem trazer a muitos problemas de estrutura infinitesimal e, sobretudo, da representação dos grupos contínuos. Da definição da variedade topológica do grupo resulta que ela é *orientável*, que o seu grupo fundamental é *abeliano* e que a característica de Euler é *nula*, se o grupo é *fechado*. Mas estas propriedades não são características das variedades de grupo. Os grupos finitos e contínuos de ordem *um* e de ordem *dois*, bem como todos os grupos *compactos* e *fechados*, são grupos de Lie; isto é, é possível determinar, na variedade do grupo, coordenadas tais que sejam analíticas as funções que definem a lei de composição.

Mas não se sabe se há grupos finitos e contínuos que não sejam grupos de Lie.

São os grupos *fechados* e especialmente os grupos *simples fechados* aqueles que o prof. Cartan mais detidamente analisa, sob o ponto de vista topológico. De resto, quási todas as propriedades topológicas dos grupos *abertos*, quando sejam *conexos*, e, porque os respectivos espaços são produtos topológicos de espaços euclideanos e de espaços de grupos *simples fechados*, podem deduzir-se das dêstes últimos.

As relações dos grupos de Lie *simplesmente conexos* com o terceiro teorema fundamental da teoria clássica; as relações dos números de Betti com o número de invariantes integrais (do seu grau) linearmente independentes, e com os das formas exteriores (do mesmo grau), também linearmente independentes, que são invariantes do grupo adjunto; tais são os assuntos de que se ocupa a parte final desta notável conferência do Prof. Cartan, de cuja profundeza e densidade não pretendo ter dado, sequer, uma pálida imagem.

M. F.

PUBLICAÇÕES RECEBIDAS

Propriétés piézo-chimiques, physiques et biophysiques des Ultra-Sons — Technique des ondes élastiques de haute fréquence

Par N. MARINESCO

Paris — Hermann & C.ie, Éditeurs — 1937 — 15 fr.

Propriétés piézo-chimiques, physiques et biophysiques des Ultra-Sons — Destruction des micro-organismes. Préparation des colloïdes à basses températures. Réactions explosives. Réactions photochimiques

Par N. MARINESCO

Paris — Hermann & C.ie, Éditeurs — 1937 — 18 fr.

Certain Age-Hardenable Copper Alloys

by L. R. VAN WERT and B. W. GONSER

Inside a Metal

by L. R. VAN WERT

Harvard University — Publications from the Graduate School of Engineering — 1937-38

The Torsional Critical Speeds of Geared Airplane Engines

by J. P. DEN HARTOG and J. P. BUTTERFIELD

Harvard University — Publications from the Graduate School of Engineering - 1937-38

Méthodes d'Unification des Mesures en Biométrie et Biotypologie — Le Tétronage

Par M.elle D. WEINBERG

Paris — Hermann et C.ie, Éditeurs — 1937 — 15 fr.

La Piézographie directe et instantanée (Ses Applications aux Etudes d'Hémodynamique; Controle des Méthodes Mécaniques)

Par D. M. GOMEZ et A. LANGEVIN

Paris — Hermann et C.ie, Éditeurs — 1937 — 12 fr.

Les Lois physiques de l'Hémodynamique (Leur Détermination piézographique)

Par D. M. GOMEZ

Paris — Hermann et C.ie, Éditeurs — 1937 — 12 fr.

La Construction Métallique en Cherpente Soudée

Par A. GOELZER et A. BILARD

Paris — Éditions de le Revue «Le Sondeur Coupeur»

Constructions métalliques sondées — Calculs et applications

Par M. A. GOELZER

Paris — Publié par la Société des Ingénieurs Soudeurs

La Trempe superficielle au Chalumeau et ses Applications industrielles

Par M. MARCEL VILEZ

Paris — Société des Ingénieurs Sondeurs

Propriétés Générales, Élaboration et Moulage des Fontes au Nickel et au Nickel-Chrome

Paris — Centre d'Information du Mickel

La Charpente Soudée et le Calcul des Assemblages

Paris — Édité par la Société «L'Air Liquide»

Les Glomus Neuro-Vasculaires

Par PIERRE MASSON

Paris — Hermann et C.ie, Éditeurs — 1937 — 20 fr.

Le Glutathion

Par LÉON BINET et GEORGES WELLER

Paris — Hermann & C.ie, Éditeurs — 1937 — 20 fr.

L'Innervation de le Glande Pituitaire (Anatomie et Physiologie)

Par Remy Collin

Paris — Hermann & C.ie, Editeurs — 1937 — 20 fr.

The Embryonic Development of Drosophila Melanogaster

by D. F. POULSON

Paris — Herman & C.ie, Éditeurs — 1937 — 15 fr.

ASEA

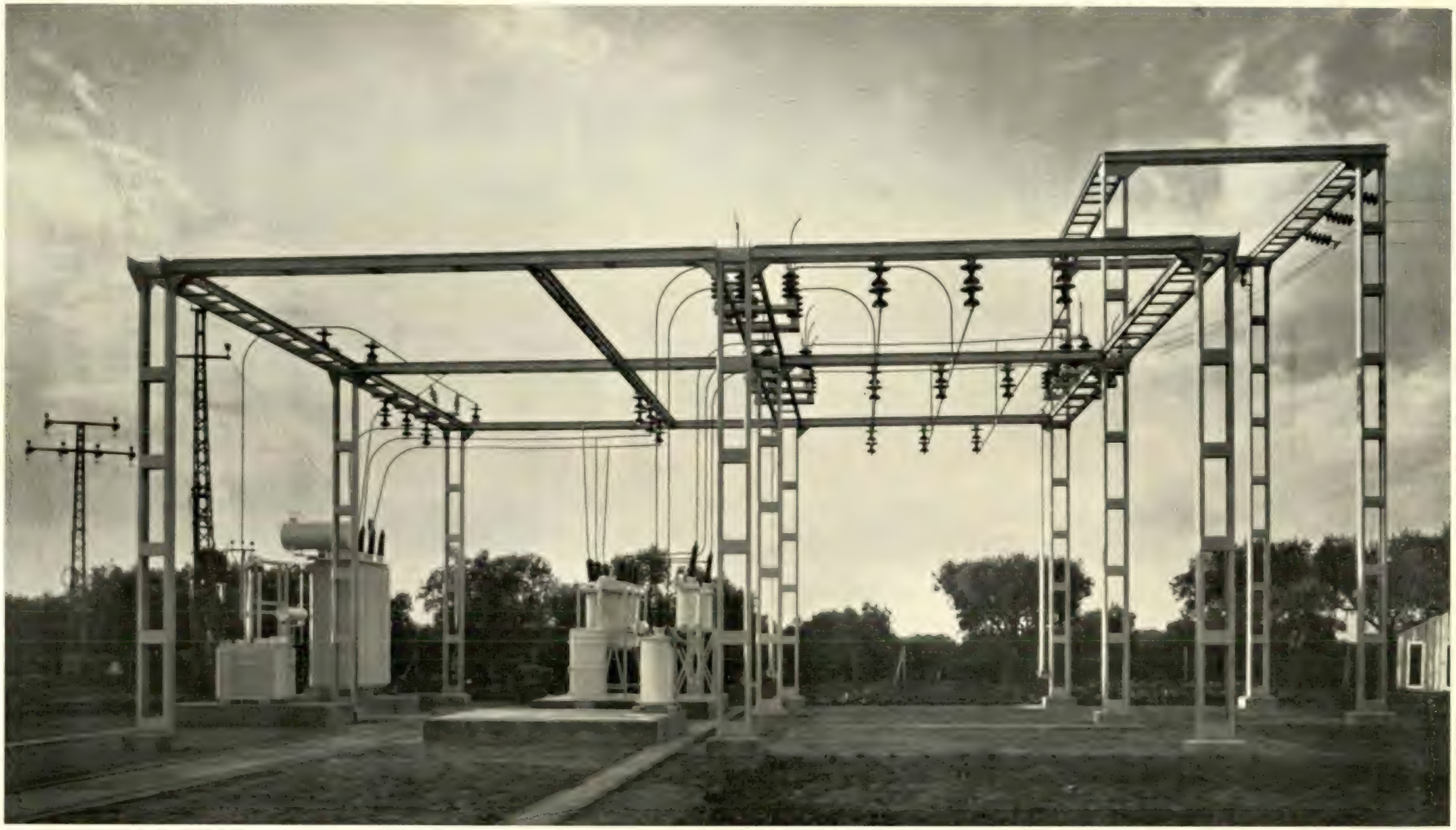
VÉSTERAS—SUÉCIA

REPRESENTANTES:

JAYME DA COSTA, L.DA

ENGENHEIROS

LISBOA PORTO



SUB-ESTAÇÃO DE CONDEIXA DA UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA
60000/30000/15000 Volts, 1500 kVA, fornecida pela ASEA em 1936

TYPOGRAFIA PÓRTO MEDICO, LDA PRAÇA DA BATALHA, 193-A-PÓRTO

JAYME DA COSTA, L.DA

ENGENHEIROS

PORTO
PRAÇA DA BATALHA, 12

LISBOA
RUA DOS CORREEIROS, 14

REPRESENTANTES DAS FIRMAS

ALLMÄNNA SVENSKA ELEKTRISKA A.B. (ASEA), VÉSTERAS, SUÉCIA

Motores e geradores de corrente contínua e alterna, transformadores, aparelhagem de alta e de baixa tensão. Ascensores, monta-cargas e gruas. Máquinas eléctricas especiais para as indústrias de fiação, tecelagem, papel, etc. Electrificação completa de fábricas, caminhos de ferro, etc.

SVENSKA TURBINFABRIKS A.B. LJUNGSTRÖM, FINSPONG, SUÉCIA

Turbinas a vapor **STAL**.

AKTIEBOLAGET ATLAS DIESEL, ESTOCOLMO, SUÉCIA

Motores a óleos pesados estacionários e marítimos **POLAR**.
Compressores e ferramentas pneumáticas **ATLAS**.

AKTIEBOLAGET PENTAVERKEN, SKÖVDE, SUÉCIA

Motores marítimos **PENTA** a gasolina, petróleo e óleo. Moto-bombas, grupos electrogéneos.

LANDIS & GYR S.A., ZUG, SUISSA

Contadores eléctricos e aparelhos derivados, relógios e auto-interruptores.

GEBR. RITZ & SCHWEIZER, SCHWÄB, GMÜND, ALEMANHA

Bombas centrífugas, de alta e baixa pressão.

BAMFORDS, LTD., UTTOXETER, INGLATERRA

Motores Diesel de pequenas potências, motores a gasolina e petróleo

SANDVIKENS JERNVERKS AKTIEBOLAG, SANDVIKEN, SUÉCIA

Aços para tôdas as aplicações.

LOUIS BRENTA, BRUXELAS, BÉLGICA

Serras de fita para trabalhar madeira, com e sem chariot.

JEAN VICAN, CASTELJALOUX, FRANÇA

Máquinas para trabalhar madeira.

AKTIEBOLAGET BALTIC, ESTOCOLMO, SUÉCIA

Desnatadeiras, batedeiras, máquinas para o tratamento do leite.

BERLIN-ANHALTISCHE MASCHINENBAU, A. G., DESSAU, ALEMANHA (BAMAG).

Materiais para transmissões, aparelhos diferenciais eléctricos, tensores de correia.

BERLINER MASCHINENBAU-A. G. (SCHWARTZKOPFF), BERLIM, ALEMANHA

Locomotivas a vapor e a óleo, material para caminhos de ferro.

De Certaines Régularités de Changements de la «Matière Vivante» sous l'Influence des Facteurs externes, principalement des Rayons X et du Radium

Par G. A. NADSON

Paris – Hermann et C.ie, Éditeurs — 1937 — 12 fr.

Changements des Caractères héréditaires provoqués expérimentalement et la Création de nouvelles Races stables chez les Levures

Par G. A. NADSON

Paris — Hermann et C.ie, Éditeurs — 1937 — 12 fr.

Salazar — Revolução Nacional — 1926-1937

Compilação e legendas de AMÉRICO DE FARIA

Organização e edição de Ernesto Antunes

Câmara Municipal de Lisboa — Serviços Industriais — Relatório — Ano económico 1936

Annoucements — The University of Chicago — The College and the Divisions for the Sessions of 1937-1938

PUBLICAÇÕES PERIÓDICAS

PORTUGAL

ACTIVIDADE ECONÓMICA DE ANGOLA — Junho de 1937.

A ARQUITECTURA PORTUGUESA, CERÂMICA E EDIFICAÇÃO — Novembro de 1937.

BOLETIM DA ORDEM DOS ENGENHEIROS — Agôsto de 1937.

BOLETIM DO GRÉMIO TÉCNICO PORTUGUÊS — Novembro de 1937.

BROTÉRIA — Vol. XXV, Fasc. 5.

CLÍNICA, HIGIENE E HIDROLOGIA — Outubro de 1937.

DEFÊSA NACIONAL — Dezembro de 1937.

GAZETA DOS CAMINHOS DE FERRO — 16 de Novembro a 16 de Dezembro de 1937.

GIL VICENTE — Setembro e Outubro de 1937.

INDÚSTRIA PORTUGUESA — Novembro de 1937.

MEDICINA — Novembro de 1937.

O MUNDO PORTUGUÊS — Novembro de 1937.

NEPTUNO — Outubro de 1937.

PORTUGAL CORTICEIRO — 15 de Novembro a 15 de Dezembro de 1937.

RÁDIO-MOÇAMBIQUE — Outubro de 1937.

SEARA NOVA — N.os 537 a 541.

BOLETIM DA SOCIEDADE DE GEOGRAFIA DE LISBOA — Setembro e Outubro de 1937.

ANAIS DO CLUB MILITAR NAVAL — Julho e Agôsto de 1937.

ESTUDOS — Outubro e Novembro de 1937.

NAÇÃO PORTUGUESA — Volume XI, Fascículo II.

BOLETIM DO INSTITUTO GEOGRÁFICO E CADASTRAL — Volume II.

AGROS — Julho-Outubro de 1937.

HUMANIDADE — 11 e 25 de Dezembro de 1937.

ALEMANHA

EL PROGRESSO DE LA INGENIERIA — Dezembro de 1937.

REVUE AEG — N.º 3, 1937.

REVISTA SIEMENS — N.º 3, 1937.

ARGENTINA

LA INGENIERIA — Outubro de 1937.

INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACION DE MATERIALES. INFORMACIONES — Outubro de 1937.

BÉLGICA

L'OSSATURE MÉTALLIQUE — Dezembro de 1937

BRASIL

BOLETIM DO INSTITUTO DE ENGENHARIA — Agôsto e Setembro de 1937.

REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA — Julho de 1937.

CUBA

PERSONALIDAD Y CULTURA MENTAL — Dezembro de 1937.

FRANÇA

LA CHRONIQUE DES MINES COLONIALES — Dezembro de 1937.

REVUE DE L'ALUMINIUM ET SES APPLICATIONS — Novembro de 1937.

LA TECHNIQUE SANITAIRE ET MUNICIPALE — Outubro e Novembro de 1937.

REVUE DU NICKEL — Novembro de 1937.

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS — Setembro-Outubro de 1936 e Janeiro-Fevereiro de 1937.

INGLATERRA

SANDS, CLAYS & MINERALS — Setembro de 1937.

ITÁLIA

L'INGEGNERE — Outubro de 1937.

SUISSA

REVUE BROWN — BOVERI — Outubro de 1937.

SUISSA TECNICA — Outubro de 1937.

REVUE TECHNIQUE SULZER — N.° 4 de 1937.

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA, DOS ALUNOS DO I. S. T.

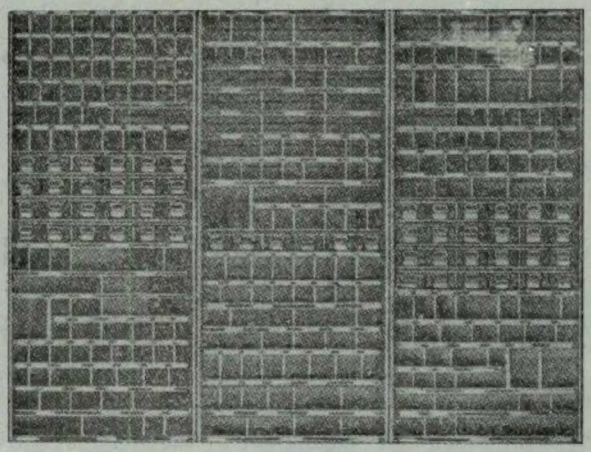
DIRECTOR: LUIZ DE GUIMARÃES LOBATO
ADMINISTRADOR: FREDERICO BURNAY DE MENDONÇA
BIBLIOTECÁRIO: PEDRO ARSÉNIO NUNES
CORPO REDACTORIAL: JOSÉ M. P. ATHAYDE, ISABEL GAGO, JOSE GONÇALVES FIGUEIRA

Propriedade e Edição da A. E. I. S. T.

FABRICA PORTUGAL

S. A. R. L.

Armações desmontáveis em chapa de aço para armazenagem de peças de automóveis, ferragens, etc., etc.



Rua Febo Moniz -- LISBOA -- Tel. 4 7157/9

T. S. F.

LOUÇAS SANITÁRIAS
MATERIAL ELÉCTRICO
ENCANAMENTOS
BALNEÁRIOS
AQUECIMENTO CENTRAL
VENTILAÇÃO
ILUMINAÇÃO
CAMPAINHAS
TELEFONES
PÁRA-RAIOS
FRIGORÍFICOS «COPELAND»
ELEVADORES «STIGLER»

T. S. F.

Fundição de metais — Torneiras — Serralharia civil e artística—Latoaria—Galvanoplastia, etc.

Júlio Gomes Ferreira & C.ª, L.da

(CASA FUNDADA EM 1823)

A MAIS ANTIGA NO SEU GÉNERO

Estabelecimentos { Rua da Vitória, 82-88 / Rua Aurea, 166-170 — LISBOA

Fábrica: Rua S. Tiago, 19

Telefones 21361 P. B. X.

VENDAS A PRESTAÇÕES

MUNDET & C.ª L.DA

Produtores, fabricantes e exportadores de cortiça e de todos os produtos dela derivados

Séde: SEIXAL--Fábrica: MONTIJO (Nascente)

AGENCIA GERAL

Dirigida por: Engenheiro José Belard da Fonseca e Construtor Amadeu Gaudêncio

ESCRITÓRIO: Rua Dr. Alexandre Braga, 55 // Telefones P. B. X. 4 3191 - 4 3192 // LISBOA // Sociedade de Construções Amadeu Gaudêncio, Limitada

O Parquet em mosaico de cortiça constitui o mais agradável, o mais cómodo, o mais decorativo e o mais higiénico pavimento de qualquer habitação

OFICINAS E LABORATÓRIOS

DO

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

Engenheiros!
Arquitectos!
Proprietários!
Mestres de obras!
Donas de casa!

As nossas 12 fábricas de produtos cerâmicos espalhadas pelo País, produzindo do barro vermelho a porcelana estão ao vosso serviço, estando também ao vosso serviço os nossos depósitos de exposição e venda em

Porto, Lisboa, Coimbra, Braga, Faro, Portimão, Leiria, Algoz, Santarém, Setúbal e Funchal.

Sem verificardes os nossos novos preços e qualidades, não deveis comprar

Azulejos brancos, decorados e artísticos
Ladrilhos de Cimento
Louças Sanitárias
Porcelanas de mesa e para electricidade
Louças de Faiança para Mesa e Cosinha
Telhas e Tijolos
Mosaicos de Grez Cerâmico
Produtos refractários
Louças decorativas

Companhia das Fábricas Cerâmica Lusitânia

Sede: R. DO ARCO CEGO, 88—LISBOA

DEPENDENCIAS DO PORTO

Fábrica: Quinta do Roriz—Monte do Seminário — Escritório: Rua José Falcão, 174
Dependências de Coimbra: Estação Velha—Loreto

É DO VOSSO INTERESSE PREFERIR OS NOSSOS PRODUTOS

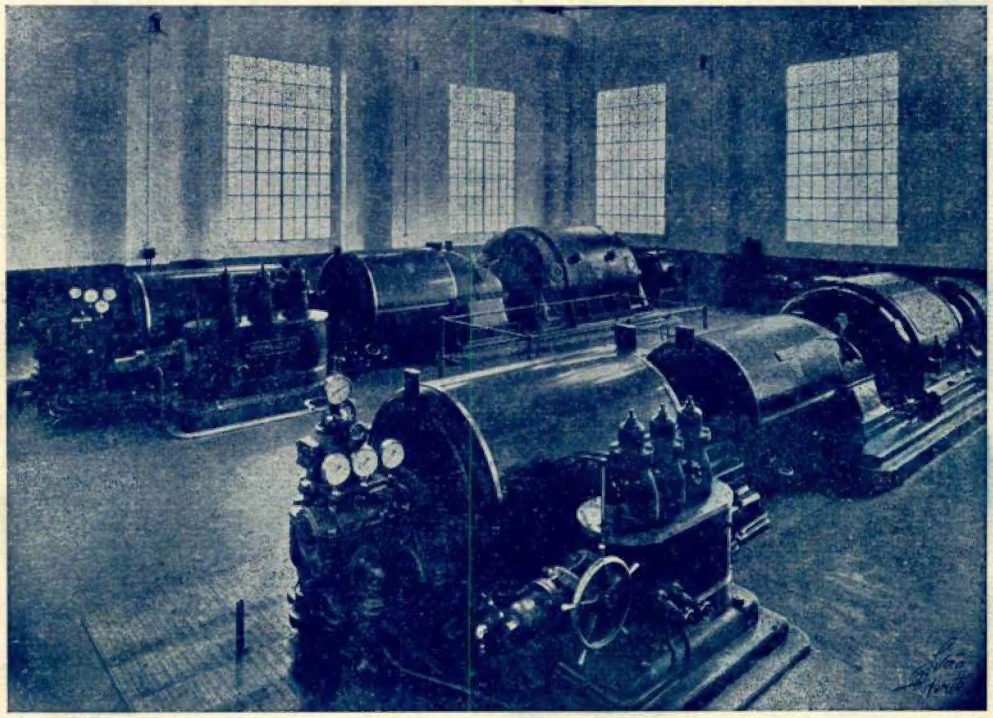
SOCIEDADE ANÓNIMA

BROWN, BOVERI & CIE.

BADEN (SUISSA)

A firma que instalou o maior número de kilowatts nas centrais Eléctricas Portuguesas

A firma que montou o maior número de turbinas a vapor em Portugal



SETÚBAL

Central da Cachofarra da Sociedade de Electrificação Urbana e Rural
Turbo-grupos a vapor «Brown-Boveri» de 2000 e de 6400 kilowatts

Representante geral para Portugal e Colónias:

EDOUARD DALPHIN

Escritório Técnico: R. Passos Manuel, 191, 2.º // PORTO // Tel. 2411

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminhos de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diessel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilisadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem, Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, etc.